KLESARSTVO I GRADITELJSTVO

ROJ 1-2 GOD. XXXI SVIBANJ, 2023.

spegra

SPECIJALNI GRAĐEVINSKI RADOVI

www.spegra.hr

PARTNER OF MODERN REHABILITATION
SINCE 1989

ISSN 0353 - 7897

K L E S A R S T V O
I G R A D I T E L J S T V O

BROJ 1-2 GOD. XXXI SVIBANJ, 2023.

Časopis utemeljio Tomislav Bužančić

Izdavač:
Klesarska škola, Pučišća, otok Brač

Za izdavača:
Tamara Plastić

Glavni urednik:
Radoslav Bužančić

Članovi uredništva:
Vanja Kovačić
Zdravko Matijašić
Tonči Vlahović
Karin Šerman
Tamara Plastić

Tisak:
Tiskara »Franjo Kluz« d.o.o. Omiš

Naklada:
300 komada

Adresa uredništva:
Časopis *Klesarstvo i graditeljstvo*
Klesarska škola, Novo riva 4,
21412 Pučišća

Telefon: 021/633-114, fax: 633-076
e-mail:
klesarska-skola@klesarska.tcloud.hr
klesarskaskola@gmail.com
www.klesarskaskola.hr

Informacije o pretplati i oglašavanju možete dobiti na telefon 021/633-114 ili na adresi uredništva.

Ilustracija na koricama:
Katedrala sv. Dujma u Splitu,
foto Ž. Bačić

S A D R Ž A J

ZNANSTVENI ČLANCI:

Radoslav Bužančić: Portik Dioklecijanove vile u Splitu 3
The Portico of Diocletian's Villa in Split 18

Ana Doljanin: Zvonik katedrale sv. Dujma u Splitu - konzervatorsko-restauratorski radovi na sjevernoj strani 21
The Bell Tower of the Cathedral of St. Domnius in Split. Conservation-restoration Operations on the Nothern Side 46

Vinka Marinković: Polikromija na kamenim skulpturama i reljefima u Dalmaciji 49
Polychromy on Stone Sculptures and Reliefs in Dalmatia 61

Malik Palčok, Frane Prižmić: Konzervatorsko-restauratorski radovi na oltaru crkve Gospe od Batka u Pučiščima na otoku Braču 63
Conservation-restoration Operations on the Altar of the Church of our Lady of Batak in Pučišća on Brač Island 76

Trpimir Kujundžić, Tomislav Korman, Filip Zeko, Šime Vrandečić: Učinak piljenja dijamantnom žičnom pilom 77
The cutting rate of diamond saw wire 89

VARIA

Sažetci XXIV simpozija kamenara s tematikom branja, obrade, ugradbe i restauracije kamena pod nazivom »Novi život kamena« 93

Anil Taneja: How the natural stone is reinventing itself 96

Damir Kurtović, Josip Letica: Obnovljivi izvori energije na području DP Elektrodalmacija Split 100

Željko Dedić, Nikolina Iljanić, Erli Kovačević Galović: EuroLithos - Atlas of ornamental stone resources in Europe . 112

Karmela Šegvić: Inclusive STONE Erasmus+ projekt 115

Tamara Plastić: Sastanak Udruženja EACD, Zalakaros, Mađarska 10.-11. XI. 2022. 119

Radoslav Bužančić
Split

PORTIK DIOKLECIJANOVE VILE U SPLITU

UDK:904:728(497.538Solin)"652"
Rukopis primljen za tisak 6. 10. 2022.
Klesarstvo i graditeljstvo, Pučišća, 2023., broj 1-2
Izvorni znanstveni članak
Original scientific paper

Autor u tekstu o južnom pročelju Dioklecijanove palače donosi nalaz istočne lože portika. Otkriveni su stupovi, baze i kapiteli zazidani u pročelju kuće u Lukačićevoj 5. Tri lože kasnoantičkog portika Palače imale su ceremonijalnu ulogu u autopropagandi tetrarhijskog vladara. Otvaranje i obnova lože nastavlja staru ideju Vicka Andrića, a nastavak arheoloških istraživanja Rive razjasniti će odnos pročelja i morske obale u vrijeme gradnje.

Ključne riječi: Dioklecijanova palača; portik; sirijski luk

Villa u Aspalatu nedaleko Salone, jedna je od brojnih rezidencija koju je među svojim posljednjim graditeljskim pothvatima dao sagraditi Dioklecijan. U nju se uputio 1. svibnja 305. godine nakon što je u Nikomediji napustio carsku titulu, i predao vlast u tetrarhijskoj promjeni augusta.

Car je, nakon toga, godinama boravio u palači svoje *ville,* smještene na katu njezina južnog dijela s kojeg se pružao veličanstven pogled na Brački kanal i Splitska vrata. No, njegova impozantna građevina nije bila samo rezidencija povučenog cara. Ispunjavala je brojne zahtjeve vladarske *ville* u kojoj boravi *senior augustus* kombinirajući funkcije stanovanja, reprezentacije i uprave pod jednim krovom. Odaje palače, boravište Jovija, sina Jupiterova, podignute na katu iznad podrumskih prostorija, pripadale su dijelu velikog svetišta s hramovima, tvoreći zajedno golemi i složeni *fanum* u kojem živi *deus praesens*. Jovije se, sukladno carskom kultu, u ulozi živog Boga ceremonijalno pojavljivao pred podanicima na četiri mjesta koja su za tu svrhu bila pomno projektirana. Za to su bile sagrađene specifične lože sa sirijskim lukom, tri na galeriji uz pročelje palače i jedna na pred ulazom u Palatium.

Najreprezentativniji dio palače velika je galerija sa stupovima na južnom pročelju, a temelji se na tradiciji rezidencija helenističkih i rimskih vladara: veliko dvorište okruženo dvoranama sa stupovima prema grčkom predlošku ovdje je linearno grupirano oko galerije koja povezuje dvoranu za bankete – triklinij, vla-

< Istočna loža portika Dioklecijanove palače u Splitu prema Robertu Adamu, 1764.

Kuća Savo (ex Dudan) na jugozapadom pročelju Palače s izvornom ložom, prije 1906.

darov privatni, dnevni i radni prostor, te dvoranu konzilija s termama u nastavku prema zapadu.

Južno pročelje Palače, sagrađeno na morskoj obali, potpuno je drugačije od ostala tri pročelja utvrđenog zdanja. Ritmizirano je stupovima i rastvoreno lučnim prozorima po cijeloj dužini koja je između kula iznosila 157,5 m. Njegova je baza puni zid visok 9 m koji završava vijencem. Taj donji dio pročelja, građen masivnim kamenim blokovima, u sredini ima vrata u podrumski dio, a sa svake strane raspoređeni su rijetki uski prozori. Pročelje je kroz povijest doživjelo brojna rušenja i pregradnje, srušena je zapadna ugaona kula, ali je i pored tisućljetnih preinaka uvelike sačuvano i prepoznatljivo. Temeljeno je na litici koja je danas tek nekoliko centimetara iznad mora, pa su rekonstrukcije, poput Hébrardove, u kojima je s juga pročelje oplakivano morem, samo idealizirana slika u kojima je Jovijeva villa prikazana kao *villa maritima*.[1]

[1] Nema izvora suvremenih gradnji Dioklecijanova doba iz kojih bi se moglo pročitati u kakvom je naselju sagrađena njegova palača i kakav je bio njezin karakter. Iz neplodnih lingvističkih i gramatičkih pokušaja analize kasnijih tekstova možemo samo podvući da neki od najranijih izvora donose vijest kako je posljednje dane proveo nedaleko od Salone u svojoj *villi* Aspalathosu (Epitoma Chronicon oko 400. g.), ili u palači svoje *ville* pored Salone (Cronica Gallica 510. g). Cambi komentira među mogućim pretpostavkama kako bi Aspalaton/os moglo biti i naselje do ili kod aglomeracije Spalaton-Spalation ili Spalatum. Usp: N. Cambi, *Split u antici, Dioklecijanova palača Dioklecijan nakon abdikacije. Bilješke uz neka otvorena pitanja,* Split 2021., 8; Puno

Obnovljena loža na pročelju nekadašnje kuće Savo po projektu Kamila Tončića iz 1906.

Donji kat je čitavom dužinom ukrašen zidanim polustupovima jednostavnih kapitela koji nose plitki vijenac, osim na tri mjesta gdje arkature prelaze u lože sa sirijskim lukovima. Visina četrdeset četiriju polustupova iznosi 410 cm, a širina 50 cm. Polustupovi s atičkim bazama oslonjeni su na konzole koje izlaze iz vijenca u podnožju galerije. Između su bili zidani lučni otvori širine 1,50 m i visine 3 m, s izuzetkom dvaju, posred lijeve i desne polovice pročelja, kojima je svijetli otvor bio širi i viši jer su se nasuprot, u njihovim osima, nalazili ulazi u dvije najznačajnije zgrade palače, u triklinij i u bazilikalnu dvoranu konzilija. Lože sa stupovima, nalazile su se uz zapadnu i istočnu kulu te jedna u sredini pročelja. U

više argumenata o karakteru naselja, utvrde i palače može donijeti arhitektonsko-urbanistička analiza iz koje je jasno da je Dioklecijan podigao svoju građevinu u naseljenoj okolici Salone, koja se može nazivati Aspalathon/s ili Villa Iovensis (*Procurator gynaecii Iovensis Dalmatiae – Aspalato* u: Notitia dignitatum Or. XI.). Radi se o utvrđenom dvorcu u kojem je izolirana njegova palača u sklopu hramova ograđenih visokim zidovima temenosa, te s Jovijevom rezidencijom također odvojenom od svih dijelova utvrde. Palača – *Palatium sacrum* povezana je s ostatkom svetišta preko Vestibula, internim dvostrukim vratima koja se u komparativnim primjerima zovu kalke – Brončana vrata. Usp: R. Bužančić, »Dioklecijanova palača. Kastron Aspalathos i njegov *Palatium sacrum*«, *Klesarstvo i graditeljstvo*, 22/1-2, Pučišća 2011., 29.

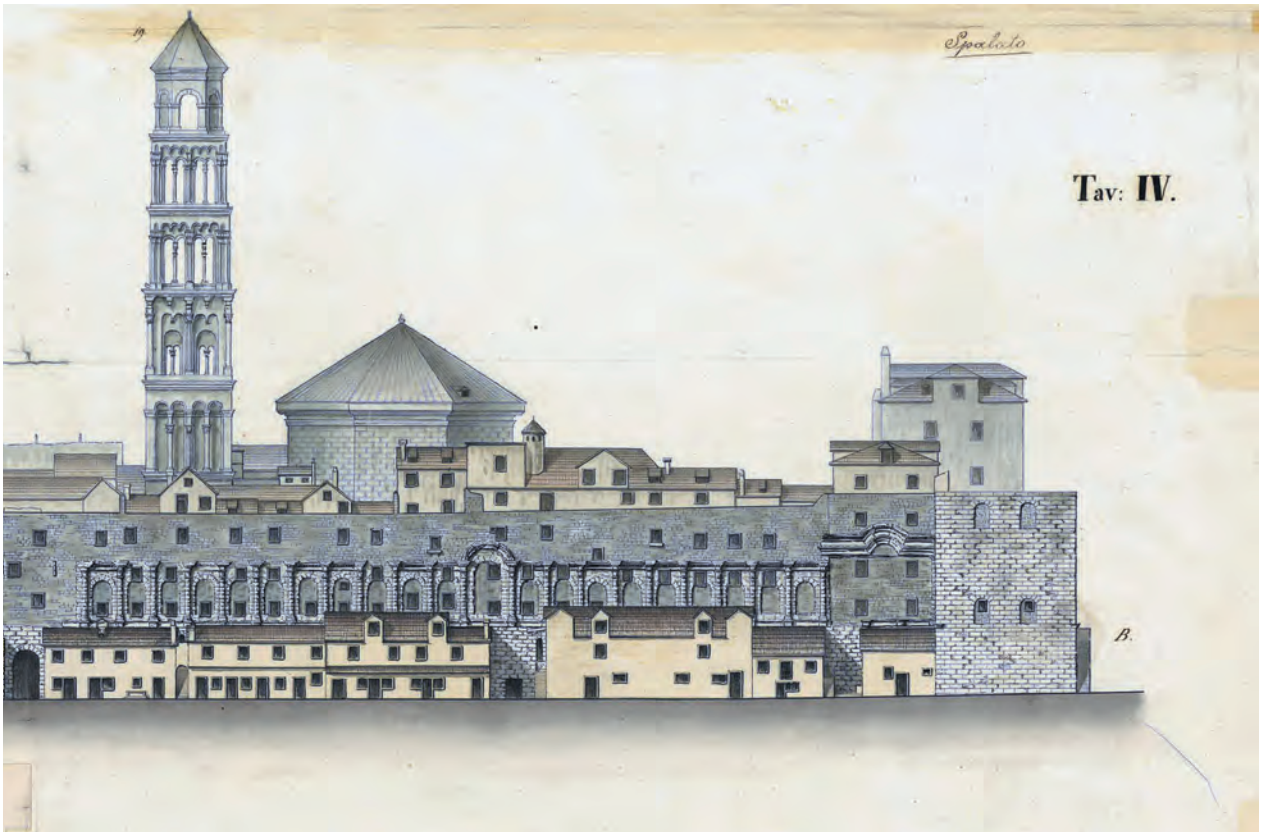
manjoj mjeri one su ponavljale motiv sirijskog luka s Protirona, s razlikom da su na njemu trabeaciju nosila četiri stupa visoka gotovo 8 m i široka mjestimice 77 cm, a na ložama pročelja samo dva stupa visine 5,5 m.

U svojoj monografiji posvećenoj Dioklecijanovoj palači Robert Adam donosi crtež splitske rive s pogledom na južno pročelje palače. Na grafici se vide istočna i zapadna zazidana loža, dok je središnja uništena, a na njezinu je mjestu srednjovjekovni zid.[2] Iznad profila nad otvorima galerije drugog kata R. Adam crta niz postamenata zazidanih u srednjovjekovnoj strukturi parapeta šetnice južnoga zida. Georg Niemann smatra da oni nisu postojali i da ih je Adam izmislio.[3]

Zapadna loža obnovljena je 1906. godine kada je građena cijela kuća Savo (nekada Dudan), tj. dvije ranije kuće zajedničkog pročelja. Rekonstrukcija lože antičkog portika djelo je arhitekta Kamila Tončića koji ju je obnovio pazeći pritom da oblikovanjem zapadnog dijela zgrade prezentira položaj srušene antičke kule. Kod obnove iz 1905. upotrijebljeni su izvorni stupovi izrađeni od *cipollino* mramora, kao i dva komada lučnog arhitrava, dok su ostatak kamene plastike, kapiteli

[2] R. Adam, *Ruins of the Palace of the Emperor Diocletian at Spalatro*, London 1764, Pogled na kriptoportik ili pročelje prema luci. Po Charles-Louisu Clérisseau.

[3] G. Niemann, *Der Palast Diokletians in Spalato*, Wien 1910, 95.



Vicko Andrić, južno pročelje Dioklecijanove palače 1846. (Konzervatorski odjel - Split)

i ravni arhitravi izrađeni nanovo prema postojećim profilacijama. Loža zatvara uvučeno pročelje kuće građeno klesanacima na kojem se vide prozori stana u pozadini. Izvorni oblik lože nije teško zamisliti povodeći se sačuvanim pročeljem Protirona koji završava zabatom sa sirijskim lukom.

Obnova pročelja palače, metodom izolacija od kasnije gradnje, bila je planirana u vrijeme talijanske fašističke uprave u Drugom svjetskom ratu.[4] Ravnatelj umjetničkog povjerenstva za Dalmaciju za talijanske okupacije bio je Luigi Crema, kraljevski povjerenik za starine, spomenike i muzeje Dalmacije sa sjedištem u Zadru.[5]

[4] U arhivu Konzervatorskog odjela Split čuvaju se nacrti nastali u vrijeme »Izvješća studijskog povjerenstva Talijanske kraljevske akademije«. Jedan je pojednostavljeni tlocrt povijesne jezgre Splita i nosi naslov *Regulazione della parte vecchia della città di Spalato, scala 1: 500*, a drugi, pod brojem 170 a 3, perspektivni je prikaz prijedloga obnovljenog južnog pročelja Dioklecijanove palače. Nacrti nisu potpisani, a vjerojatno ih je izradio netko iz kruga Luigija Creme.

[5] U svom izvješću L. Crema piše: *Vlasti koje su se smjenjivale u Splitu nesmotreno su dopustile ne samo da se njezin sklop preinači nadogradnjama, već da joj izgled sakriju vulgarne kuće, koje su na nekim dijelovima golemog pročelja stale bahato i još manje prilično polagati pravo na arhitektonsko jedinstvo pa se ucjepljuju u kule, zatvaraju arkade i prekrivaju moćnu masivnu*

Perspektivni crtež iz arhiva Konzervatorskog odjela Split pokazuje zorno zaključak stručnog povjerenstva Talijanske kraljevske akademije. Na njemu je prikazano pročelje palače očišćeno od kuća, mletački kaštel na obali oslobođen gradnje Hrvatske banke, očišćene kuće s pročelja palače i rimske arkade otvorene uklanjanjem kuća koje su tu bile sagrađene u kasnijim vremenima. Pad Italije 1943. zaustavio je projekt i planirani zahvat nije ostvaren.

U Dioklecijanovoj palači, između 1968. i 1974. godine pokreću se veliki zahvati purifikacije njezina jugoistočnog kvadranta. Provodila ih je Sheilla McNally, zajedno s Jerkom i Tomislavom Marasovićem, u sklopu američko-jugoslavenskog projekta. Projekt je istodobno uključivao izolaciju antičkih spomenika rušenjem većine zgrada unutar te stambene četvrti. Tada je oslobođen velik dio istočnog pročelja palače uklanjanjem kuća koje su se s unutrašnje strane naslanjale na antički zid galerije. Projekt nije nikada završen pa, protivno planu, nisu otvorene antičke arkade, nego su nakon rušenja kuća ostala izolirana njihova južna pročelja ugrađena u otvore rimske galerije. Oštećenje nosivog zida jedne od kuća izazvalo je njezino urušavanje, a zbog reakcije stanara i pravno-imovinskih problema koji su slijedili, obustavljeni su istraživački radovi i nisu nastavljeni sve do 1992. godine.[6]

---

zonu podnožja. Sustavnim uklanjanjem ovih suvišnih dodataka, rušenjem žute zgrade lučke kapetanije – još isturenije prema moru – zajedno s malenim i nedostojnim građevinama kojima je okružena, restauriranjem pilastara i ponovnim rastvaranjem velikih loža (zbog čega će biti potrebno srušiti red kućeraka s unutarnje strane) iznova će se ukazati najveći i najdostojanstveniji zanimljiv prizor rimskog veličanstva. Nad lukom će se ponovo pojaviti cjelovita palača, izdaleka po rimsko pozdravljajući one koji pristižu s mora, a kroz novootvorene arkade prodisat će zrak koji će oživjeti i izliječiti stare gradske četvrti … o ponovnom otvaranju vizure prema veličanstvenoj srednjovjekovnoj kuli koja je smještena u uglu, a sada je poništena golemom, nadutom zgradom Hrvatske banke na obali.

6 S. McNally, J. Marasović, T. Marasović, *Dioklecijanova palača: izvještaj o Jugoslavensko-američkom projektu istraživanja*, Split 1977.

Prijedlog talijanskih arhitekata za obnovu pročelja Palače, 1942. (Konervatorski odjel - Split)

Kampanju Muzeja hrvatskih arheoloških spomenika u Splitu, Zavoda za zaštitu spomenika kulture i splitskog Arheološkog muzeja, uz suradnju Mediteranskoga centra za graditeljsko nasljeđe vodila je Vedrana Delonga, s ciljem nastavka istraživanja iz 1974., a radovi su se odnosili na istraživanje podrumskih prostorija.[7]

Središnja loža južnog zida palače zazidana je tijekom srednjovjekovnog utvrđivanja grada, kada je na njezinu mjestu izgrađena breteša radi zaštite južnih gradskih vrata koja s obale kroz središnju salu Podruma palače vode u gradski *cardo*. Njezin lijevi doprozornik, zidan masivnim klesanim blokovima, pronađen je u vrijeme obnove kuće Ivkić zapadno od ulaza u Podrume. Dio pročelja uz središnju ložu obnovljen je u spomenutoj kući, poznatijoj kao nekadašnja kuća Vidali, čija je jednostavna neoklasicistička građevina strogo koncipiranog pročelja sa skromnim dekorativnim elementima secesije podignuta uz južna vrata Dioklecijanove palače polovinom 19. st.

Nakon gotovo dva stoljeća problematične arhitektonske povijesti, novi vlasnik kuće zatražio je obnovu građevine. Godine 2021. izvršena su preliminarna istraživanja i priprema za restauraciju oštećenog dijela antičkog pročelja palače koje se nalazi unutar kuće, pa su u nastavku obnovljeni oštećeni polustupovi galerije, koji su bili prerezani nekadašnjom međukatnom konstrukcijom, te njihove baze. U novoj prezentaciji odmaknute su konstrukcije katova od izvornog pročelja palače s polustupovima i otvorima galerije.[8] U suglasnosti s novim vlasnikom, koji se odrekao dijela kvadrature građevine, omogućila se prezentacija pokrivenog dijela arkature portika nakon 164 godine, koliko je bila zaklonjena dogradnjom kuće Vidali.

---

7 V. Delonga sa suradnicima, *Prije sjećanja: Arheološka istraživanja u jugoistočnom dijelu Dioklecijanove palače u Splitu, 1992. godine*. I. i II. dio, Split 2015.

8 Radove na obnovi izveli su magistra konzervacije i restauracije Tihana Višić i tvrtka Rocoso 2021. godine.

Kuća Ivkić (ex Vidali) nakon skidanja stare konstrukcije

Kuća Ivkić (ex Vidali) uz južna vrata Dioklecijanove palače.
Detalj otkrivenih baza portika

Iste godine, 2021., otkrivene su zazidane baze stupova velike istočne lože uz jugoistočnu kulu. Uzidani kapiteli u zidu kuće na adresi Lukačićeva 5, koji pripadaju loži palače, bili su od prije poznati i vidljivi u unutrašnjoj zidnoj niši. Na vanjskom zidu provedena su sondiranja koja su pokazala da su kapiteli cjeloviti, na izvornom mjestu, kao i mramorni stupovi zajedno s bazama, te da je čitava izvorna konstrukcija lože u potpunosti sačuvana unutar zida pročelja novovjeke kuće.[9] Radovi na obnovi nekadašnje antičke lože Dioklecijanove palače, konzervacijom i restauracijom mramornih stupova (*marmor caristium*) nastavljeni su u rujnu 2022. godine. Stanje stupova bilo je iznimno loše, a oštećenja velika.

[9] Radove na sondiranju po zahtjevu konzervatora proveli su Tonči Borovac i Ela Mrduljaš Kutlača iz tvrtke Kvinar 2021.

Mramorni kapiteli jugoistočne lože prilikom sondiranja zida kuće

Istočni stup, koji je u visini prvog kata bio oštećen u polovici svoga poprečnog presjeka, prema nalogu statičara i konzervatora restauriran je ugradnjom nedostajuće polovice presjeka kako bi ponovno mogao preuzeti nošenje tereta lučnog arhitrava.

Stupovi su dograđeni mramornim umecima na mjestima gdje su bili oslabljeni i oštećeni, a po sredini su obujmljeni metalnim prstenovima debljine 5 mm i širine 5 cm.[10] Otvaranje lože koju je zatražio konzervator imat će utjecaja na projekt muzeja u sklopu prezentacije jugoistočne kule Palače.

Loža pročelja palače, koja se u literaturi često naziva *triforom* ili *loggiom,* pripada prepoznatljivoj graditeljskoj leksici Dioklecijanova doba koja korijene ima u graditeljstvu heleniziranog Bliskog istoka, u arhitekturi Sirije, Mileta i Efeza. Isto tako i galerije s kojih se pruža dramatičan pogled, sastavni su dio carske arhitekture još od vremena principata. Villa Jovis na Capriju bila je rezidencija cara Tiberija, s pogledom na dobar dio Napuljskog zaljeva, od otoka Ischije, Sorrenta

[10] Radove su izveli Petra Perlain, Petra Karaman, Ante Antunović i Yuriy Holodovych iz tvrtke Neir, 2022., prema uputama nadležnog konzervatora R. Bužančića i statičara Dalibora Bartulovića.

Fotogrametrijski snimak stanja stupova, baza i kapitela istočne lože portika (Neir d.o.o. 2022.)

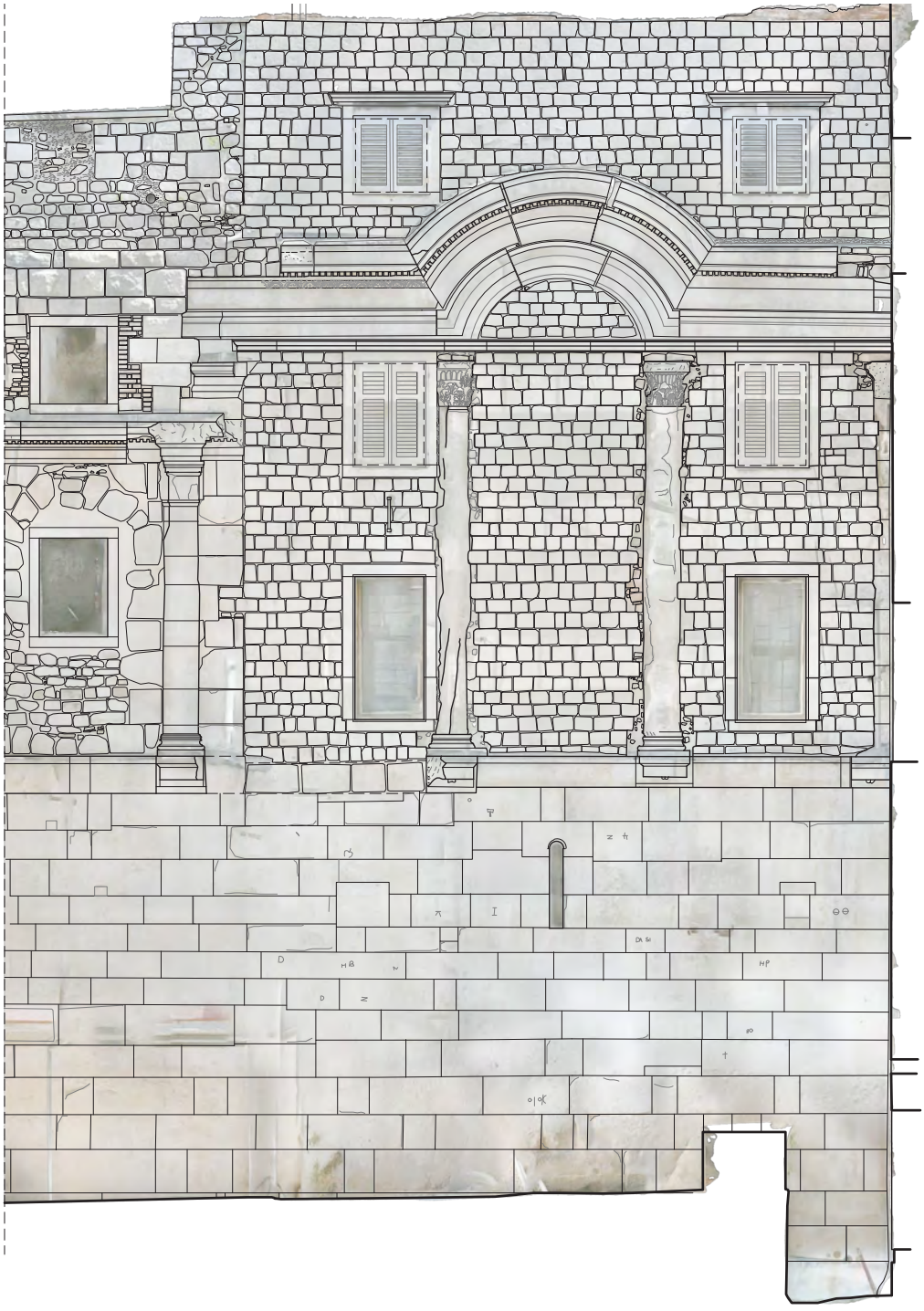
Kapitel i baza u unutrašnjosti kuće u Lukačićevoj 5 nakon otvaranja sonde.

do Punte Campanella. Dramatičan pogled na morski krajolik jedan je od razloga smještaja Tiberijeve vile visoko nad morskom pučinom. Pogled je igrao značajnu ulogu i u Dioklecijanovoj palači u Antiohiji koja, prema opisu Libaniusa ... *leži u ravnom dijelu ravnice, cijela je u pravilnom tlocrtu, a neprekinuti zid okružuje je poput krune*. Poput njegove Palače u Splitu i u rezidencioji Antiohije... *tamo gdje zid ima stupove umjesto kruništa, pruža se pogled dostojan cara, s rijekom koja teče dolje i predgrađima koja mame oči sa svih strana*.[11]

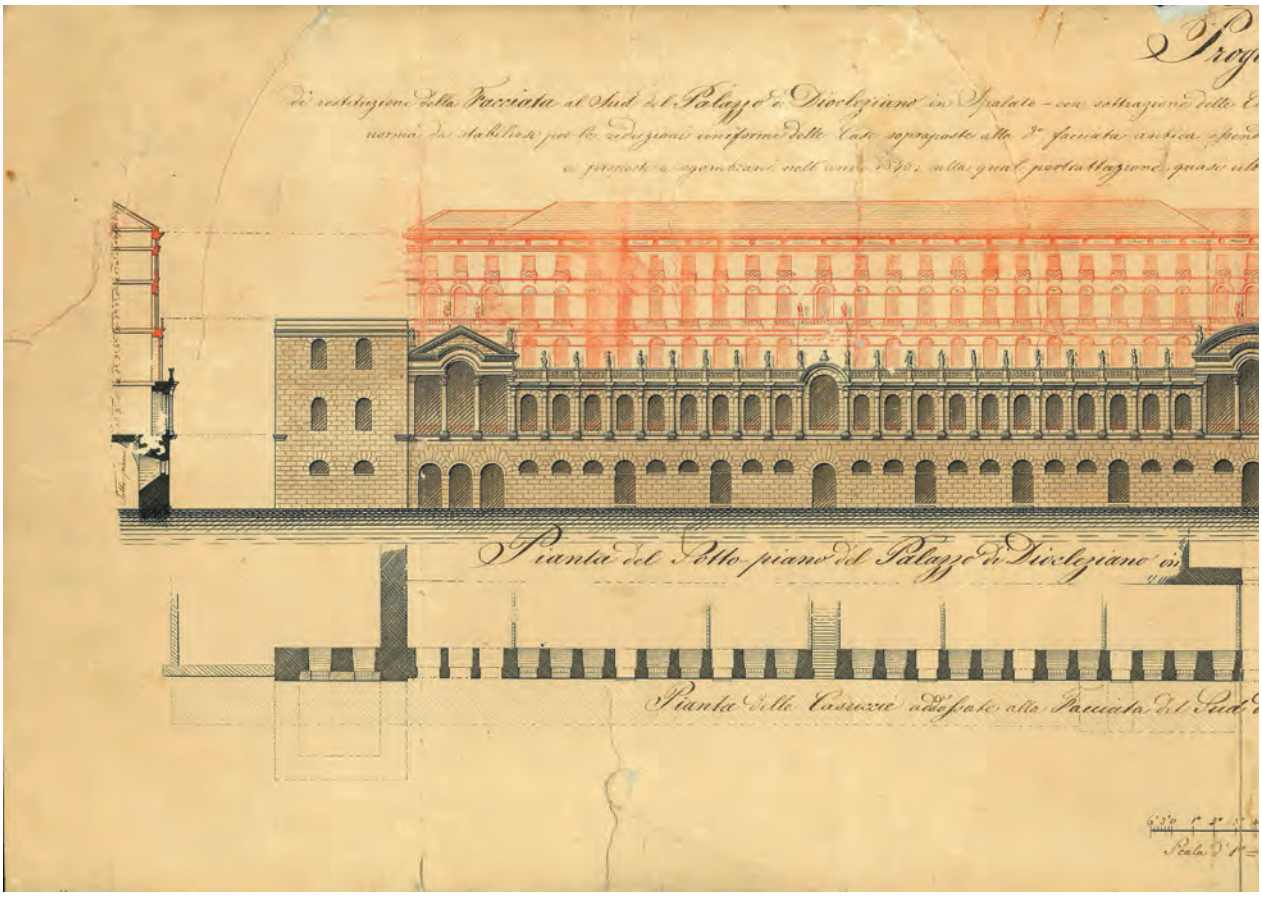
Pogled na Brački kanal i Splitska vrata, uokviren Marjanom, klifovima Sustipana na zapadu i Kataliniće vog brijega na istoku, u Dioklecijanovo je doba vjerojatno bio posebno dramatičan i predstavljao je jedan od iznimno važnih razloga za odabir mjesta. Pa ipak, upotreba loža sirijskog tipa, s tri otvora i lučnim arhitravom u sredini nadvoja, karakteristična za carski kult u kojem se divinizirani car pokazuje publici pod središnjim lukom, nije bila samo dekorativni element pročelja. Kao i kod protirona koji je imao značajnu ulogu u Jovijevoj teologiji, i lože na pročelju imale su ceremonijalni karakter. Pitanje koje se samo po sebi postavlja

[11] G. Downey, »Libanius' oration in Praise on Antioch (oratio XI)«, *Proceedings of the American Philosophical society,* vol. 3, Oct. 15. 1959., 675.

Fotogrametrijski snimak dijela južnog pročelja Palače s otkrivenom istočnom ložom portika (Geographica d.o.o.).

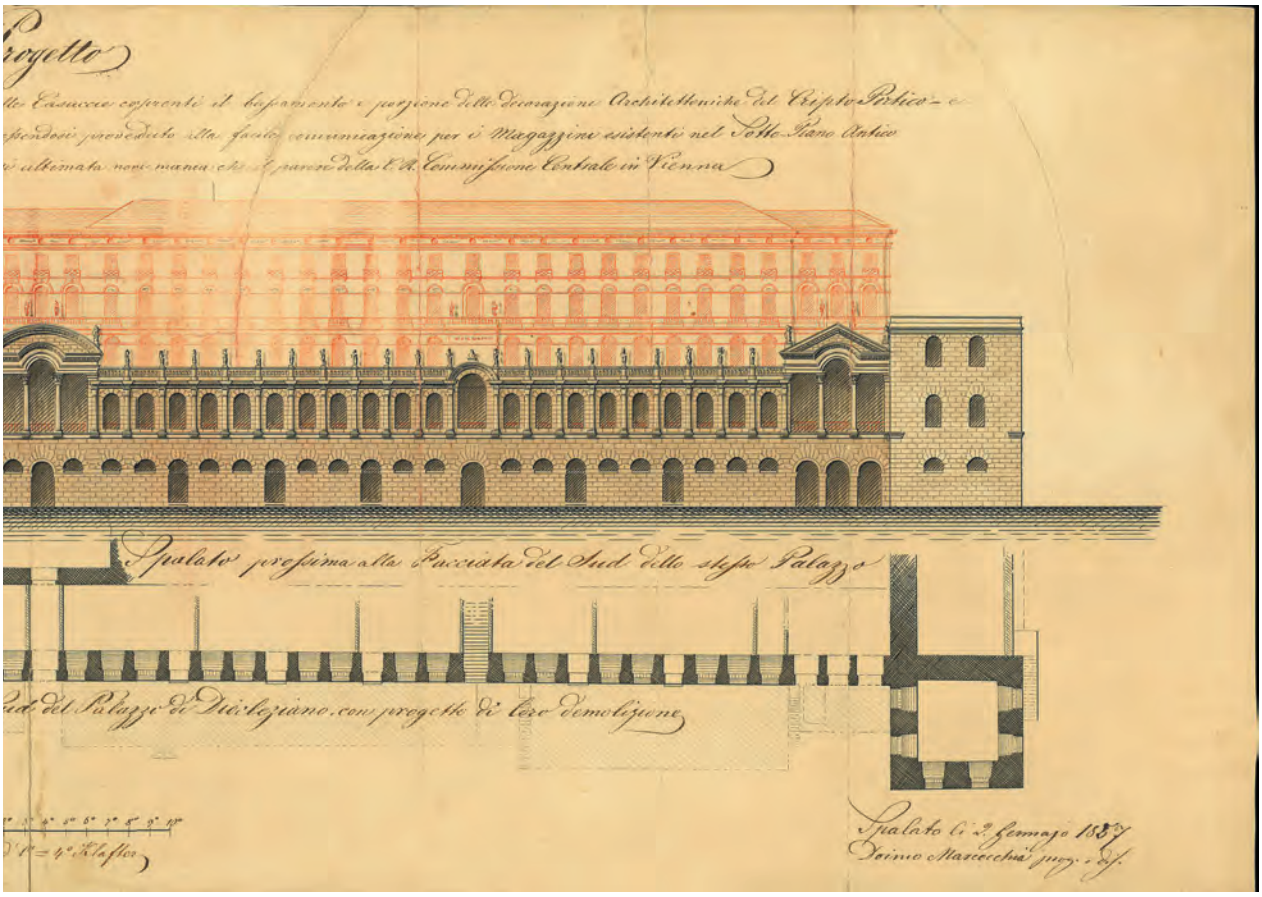


Nacrt južnog pročelja kuće u Lukačićevoj 5 s otkrivenom istočnom ložom (Geographica d.o.o.)



Projekt rekonstrukcije pročelja Palače i nadogradnje kuća nad kriptoportikom prema zamisli Vicka Andrića i crtežu Dujma Macocchie, 1857. (Konzervatorski odjel - Split)

jest kome se divinizirani *senior augustus* pokazivao s južnog pročelja svoje vile. Sigurno je samo to da još uvijek ne poznajemo do kraja arhitekturu splitske palače. Pretpostavka da ju je s juga oplakivalo more davno je odbačena zbog rezultata arheoloških istraživanja koji su pokazali da je linija morske obale bila desecima metara udaljena od pročelja vile. Spekulacije o postojanju luke pred pročeljem palače također nisu vjerojatne. Bilo bi za očekivati da je luka bila uz zapadno pročelje u uvali gdje je kasnije, u kršćansko doba podignuta crkvica sv. Mihovila *in ripa maris* i gdje je dubina mora bila nešto veća nego pred palačom. Lučka postrojenja nisu očekivano mjesto za publiku kojoj se Jovije ukazivao u sklopu autopropagandnih ceremonija diviniziranih careva kasnog carstva. Za očekivati bi bilo, kompanirajući carske vile tog doba, da se pred pročeljem palače nalazio stadion ili hipodrom koji su uvijek pratili ceremonijal carskog kulta. Dosadašnja istraživanja dala su značajan doprinos razumijevanju antičke carske vile, a za do-



nošenje konačne prosudbe o prostoru pred Palačom očekuju se nove spoznaje u istraživanjima koja su u pripremi. Ona će razjasniti odnos pročelja i morske obale u jednoj od brojnih uvala splitskog zaljeva koji je danas Riva grada Splita.[12]

[12] Pod vodstvom arheologinje Vedrane Delonga, Muzej hrvatskih arheoloških spomenika u Splitu proveo je 2006.-2007. zaštitna arheološka istraživanja na prostoru Rive. Istraženo je područje 2000 m^2 u dužini od ostataka jugozapadne kule do južnih vrata Podruma palače, od južnog pročelje Palače do kanalizacijskog kolektora sagrađenog 1996. U tim su istraživanjima pronađeni značajni nalazi, a od zida koji je spajao vanjsko pročelje ugaonih kula prema jugu nađeni su ostaci betonske podnice goleme nedefinirane građevine iz Dioklecijanova doba. Usp: V. Delonga, »Arheološka istraživanja na splitskoj Rivi 2006.-2007. godine«, *Isječci iz fotografskog dnevnika Zorana Alajbega*, Split 2007. 3.; S. Perojević, K. Marasović, J. Marasović, »Istraživanja Dioklecijanove palače od 1985. do 2005. godine«, *Zbornik međunarodnog znanstvenog skupa Dioklecijan, tetrarhija i Dioklecijanova palača*: o 1700. obljetnici postojanja, priredili: N. Cambi, J. Belamarić, T. Marasović, Split 2009., 51-94.

THE PORTICO OF DIOCLETIAN'S VILLA IN SPLIT

Summary

The villa in Aspalato not far from Salona is one of the many residences that among his last architectural ventures Diocletian had built. He set off for it on May 1, 205 after abdicating from the imperial throne in Nicomedia and relinquishing the reins of government during the tetrarchal change of augusti.

The grandest part of the palace is a large columned gallery on the southern façade, drawing on the tradition of the residences of Hellenistic and Roman rulers: a large court surrounded with halls with columns after the Greek model is here linearly grouped around the gallery that links the banqueting hall, the triclinium, the ruler's private, living and working space, and the council chamber with the baths to the west.

The loggia of the front of the palace belongs to the familiar architectural vocabulary of Diocletian's time that was rooted in the building of the Hellenised Near East, in the architecture of Syria, Miletus and Ephesus. Similarly, the galleries that afford such a dramatic view had been a component part of imperial architecture since the Principate. The Villa Jovis on Capri was the residence of Tiberius, with a view over a good part of the Bay of Naples, from Ischia Island and Sorrento to Punta Campanella. A dramatic view onto the seascape was one of the reasons for the placing of Tiberius' villa high over the sea. The view also had an important role to play in Diocletian's Palace in Antioch, which in terms of the description of Libanius …. *lies in a flat part of the plain, is accommodated in its entirety within an exact ground plan, while an unbroken wall surrounds it like a crown.* Like his palace in Split *where the wall has columns instead of a battlement there is a view worthy of an emperor, with a river that flows below and suburbs that invite glances from all directions*. The view onto the Brač Channel and the Split Strait, framed with the cliffs of Sustipan to the west and of Katalinić brijeg to the east, was probably in Diocletian's time exceptionally dramatic and must have been one of the primary reasons for the choice of the site. But after all, the loggia of the Syrian type, with three apertures and semi-circular architrave in the centre of the lintel, characteristic of the imperial cult in which the deified emperor would show himself to the public under the central arch was not just a decoration of the façade. Like the Prothyron, which had an important role in Jovian theology, the loggias on the façade had a ceremonial character. A question that naturally arises is to whom the deified senior augustus was to show himself from the southern façade of his villa. It is a fact that the architecture of the Split Palace is to a large extent an unknown. The hypothesis that it was lapped by the waves as shown in Hébrard's watercolour has long been rejected as a result of archaeological excavations demonstrating that the line of the sea coast was some dozens of metres distant from the façade of the villa. Speculations concerning the existence of a

port in front of the façade are also unlikely to be true. Port infrastructure is not a place at which one would expect an audience to which Jove would make an appearance as part of the self-propaganda ceremonies of the deified emperors of the later empire. If the imperial villas of the time are compared, it can be seen that all of them in front of their façade had a stadium or hippodrome, used by the imperial cult. Research to date has made a considerably contribution to the understanding of the Antique imperial villa in Split, but any final judgement about the space in front of the palace will have to wait for new researches in the Waterfront, which are underway. They will throw light on the relation between the façade of the Palace and the sea front in one of the many coves of the Bay of Split that is today the Waterfront of the city of Split.

Keywords: Diocletians Palace; portico; Syrian arch

Zvonik katedrale sv. Dujma u Splitu nakon konzervatorsko-restauratorskih radova 2019. godine

Ana Doljanin
Split

ZVONIK KATEDRALE SV. DUJMA U SPLITU – KONZERVATORSKO-RESTAURATORSKI ZAHVATI NA SJEVERNOJ STRANI

UDK:726.6. 025.3/.4(497.583Split)
Rukopis primljen za tisak 25. 3. 2021.
Klesarstvo i graditeljstvo, Pučišća 2023., br. 1-2
Izvorni znanstveni članak
Original scientific paper

Zvonici su najistaknutiji graditeljski elementi i identiteti gradova. Gradnjom zvonika katedrale sv. Dujma kroz 13. i 14. stoljeće, Split dobiva simboličku okomicu koja je svoju ulogu zadržala do današnjih dana. Utjecaj prirodnih nepogoda kroz stoljeća zahtijevao je kontinuiranu skrb, ojačanja te popravke. Shodno složenosti građevine i težini oštećenja, poduzeta je radikalna obnova zvonika krajem 19. i početkom 20. stoljeća te je predstavljala jedan od najvećih zahvata restauracije u to vrijeme (za tadašnje značenje pojma restauracije i restauriranja). U vremenskom odmaku od jednog stoljeća od završetka radova, na zvoniku katedrale ponovno su započeti zahvati obnove suvremenim konzervatorskim i restauratorskim metodama. Ovaj rad se, osim povijesno-umjetničkog sažetka i kronologije svih radova kroz povijest, referira i na primijenjene metode s naglaskom na lasersku metodu čišće

Ključne riječi: zvonik; katedrala sv. Dujma; Split; konzervacija; restauracija; lasersko čišćenje

POVIJESNO-UMJETNIČKI PREGLED

Tijekom 13. stoljeća Split doživljava procvat, »kipti životom, slobodom i blagostanjem«,[1] a u graditeljskom i likovnom izričaju istaknuta je pojava romanike. U istočnojadranskim gradovima nastaje nekoliko lokalnih klesarskih i graditeljskih radionica.[2] Počinje intenzivnija eksploatacija kamene građe, oživljavaju se pojedini ugašeni antički kamenolomi i kreće uzmah obrtničke i umjetničke produkcije.[3] Ponovno otvaranje drevnih kamenoloma te prijenos za potrebe gradnje u

1 Lj. Karaman, »Zvonik sv. Duje«, *Novo doba*, Split 12. IV. 1936., str. 5.
2 C. Fisković, *Dodiri mletačkih i dalmatinskih kipara i graditelja do XV. stoljeća*, Jugoslavenska akademija znanosti i umjetnosti, Odjel za likovne umjetnosti, 1971., str. 7.
3 R. Bužančić, »Naši bijeli vapnenci u okolici Splita«, *Klesarstvo i graditeljstvo*, god. XVII, br. 1-2, Pučišća 2006., str. 9; Isti, »Majstor Radovan i nedovršeni romanički portal trogirske katedrale«, *Klesarstvo i graditeljstvo*, br. 3-4, Pučišća 2010., str. 57.

Splitu svakako su bili povezani i s gradnjom zvonika. Financiranje ovog ambicioznog graditeljskog pothvata bilo je otežano, kao i drugdje u Europi, a ostvareno je od crkvenih prihoda, donacija te od ostavština *(pro fabrica ecclesiae, campanilis)*, o čemu svjedoče i sačuvani povijesni izvori o gradnji splitskog zvonika. Vrijeme je to udvostručenja gradske populacije, nastanka novih gradskih četvrti i njihova utvrđivanja. Mijenja se gradska vizura općenito, a gradnjom romaničkog zvonika grad dobiva svoju dominantu i prepoznatljivi simbol sačuvan do današnjih dana. Bez obzira na različite faze gradnje i kasnije popravke, zvonik je građen u stilu kasne romanike i gotike. Podignut je iznad stubišta kojim se s Peristila pristupalo katedrali. O vremenu početka gradnje i fazama nadogradnje predložene su različite pretpostavke.[4] Zahvat je to zasigurno planiran pa čak možda i započet još za vrijeme nadbiskupa Bernarda (1198. – 1217.), no česta je pretpostavka da se taj događaj zbio u 13. stoljeću za vrijeme vladavine kralja Bele IV. i kraljice Marije Laskaris. Moguća datacija gradnje povezana je i s nestalim latinskim natpisom sa zvonika datiranim u 1257. godinu.[5] Tek nekoliko dokumenata iz 15. stoljeća svjedoči o događajima vezanima uz izgradnju. Jedna nagodba između općine i splitskog nadbiskupa ukazuje na postojanje zaklade za gradnju, općinsko financiranje gradnje te danak u drvenoj građi koja je prikupljana od brodova u splitskoj luci.[6] Ipak, velik dio građevnog materijala za zvonik uzet je iz neposredne blizine, iz kamene građe Dioklecijanove palače. Probirani su stupovi, kameni blokovi i velik

---

4 Prema Karamanovoj hipotezi, prva dva kata zvonika građena su u 13. st., treći, četvrti i peti u 14. st., a šesti u 16. st. Radoslav Bužančić predlaže majstora Otta kao arhitekta gradnje zvonika u vrijeme nadbiskupa Bernarda, vidi R. Bužančić, »Andrija Buvina and Radovan. The salvation message on the portals of the Split and Trogir cathedrals«, *Vratnice Andrije Buvine u splitskoj katedrali: 1214.-2014.*, zbornik radova (ur. J. Belamarić i G. Tigler), Split – Zagreb 2020., str. 325.

5 Natpis je spominjao Kolafisu, udovicu splitskog kneza Ivana kao donatoricu gradnje zvonika, a navodno se nalazio iznad reljefa Rođenja. Usp. L. Jelić, »Zvonik spljetske stolne crkve«*, Vjesnik arheološkog muzeja u Zagrebu,* Vol. 1., No. 1., Zagreb 1895., str. 33; Lj. Karaman, *Portal majstora Radovana u Trogiru*, JAZU, 1938., str. 64; C. Fisković, »Trogirski majstor Mavar«, *Anali historijskog instituta u Dubrovniku*, Historijski institut Jugoslavenske akademije znanost i umjetnosti u Dubrovniku, Dubrovnik 1970., str. 59-81. Na Kolafisu se oslanja i lokalna usmena predaja da je zaslužna i za podizanje propovjedaonice u katedrali. Bilješku koja ukazuje na postojanje navedenog natpisa zapisao je splitski kanonik Jerolim Bernard na početku 18. stoljeća u rukopisu »Spalatensio et Sibenicensia« koji je ostao sačuvan u Garanjin-Fanfonjinoj knjižnici u Trogiru: *Colapiza uxor domini Ioannis Spalatinorum comitis pro anima viri sui iam defuncti in hac opera centum Romanatos exposuit. Anno domini 1257.* Pojedini autori datirali su gradnju u nešto kasnije doba prema ugovoru splitskog nadbiskupa Dujma de Judicibusa i kaptola s Nikolom Tvrdojem (Nicolaus Tverdoy de Spalato) od 20. lipnja 1416. godine, no ono ipak svjedoči o kontinuitetu i dugotrajnosti gradnje, a ne o samom početku pothvata. Tvrdoje je imenovan graditeljem i nadzornikom gradnje zvonika, a iz dokumenta je vidljivo da su mu dani na raspolaganje punomoć i novac za gradnju, čiji utrošak naknadno mora pravdati crkvenim ocima. Jedan od zadataka bio mu je i naći radnike te majstore nužne za provedbu gradnje. Iz faze Tvrdojeva rukovođenja gradnjom zvonika na fasadama su ostali sačuvani grbovi nadbiskupa Dujma de Judicibusa, gradonačelnika Lovre Ivana de Grisogonisa te nadbiskupa Petra X.

6 Nagodba od 10. siječnja 1456. godine.

broj kasnoantičkih spolija. Poneki su potjecali iz Salone. Velike površine unutar određenih dijelova palače, na kojima nedostaje velika količina kasnoantičkog građevnog materijala kao *što je jugoistočni* kvadrant (uz terme), ukazuju na moguća mjesta sekundarne eksploatacije materijala za srednjovjekovne graditeljske pothvate.[7] Graditeljske ambicije gradnje zvonika započete u 12. ili 13. stoljeću okončane su tek u 16. stoljeću, što ne iznenađuje s obzirom na to da realizacija gradnji srednjovjekovnih tornjeva i katedrala nije uspijevala ni mnogo većim i bogatijim europskim srednjovjekovnim gradovima. Primjera tomu je nebrojeno: katedrala u Orleansu, Westminsterska opatija u Londonu, katedrale u Mainzu i Bambergu, Milanu, Pragu i dr., koje su dovršene tek tijekom 19. stoljeća.[8]

Luka Jelić iznosi ukupnu visinu zvonika od 51,03 m.[9] Katovi zvonika građeni su u obliku prizme te pravokutni u presjeku. Završni je kat osmerokutan u tlocrtu. Između katova nalaze se istaknute profilacije vijenaca. Na podnožju zvonika sagrađen je prvi kat koji je preuzeo ulogu predvorja i podnožja zvonika, a svojevrsna je »obnova ideje antičkog slavoluka«.[10] Nalazi se iznad stubišta te je rastvoren bačvasto presvođenim prolazom. Na sjevernoj i južnoj strani prvog kata, iznad naknadno pridodanih pilastara, nalaze se kapiteli i lukovi kata koji se međusobno sijeku formirajući šiljaste lukove gotičkih stilskih karakteristika. U prizemlju zvonika, pri samom dnu stepeništa nalaze se romaničke skulpture lavova. Njihove ikonografske analogije mogu se pronaći na talijanskom, francuskom i jadranskom području, no ipak stilski i sadržajno nisu usporedivi.[11] Iako se kod drugih analognih primjera obično radi o dva lava, u slučaju zvonika splitske katedrale radi se o lavu i lavici.[12] Iznad lavova nalaze se dvije skupine dostojanstvenika koji su simbolično prikazani kao stuponoše. Za vrijeme mletačke uprave, glave središnjih likova su otučene zbog vjerovanja da su to bili prikazi donatora gradnje zvonika, Bele IV. i njegove žene kraljice Marije. Iznad stuponoša nalazi se luk majstora Otta s alegorijskim prikazom lova. Sa stražnje strane, iznad dvaju ulaza u zvonik, nalaze se romaničke reljefne skulpture Navještenja i Rođenja Kristova za koje

---

7 G. Nikšić, »Prilog o arhitekturi Dioklecijanovog mauzoleja i rekonstrukciji splitske katedrale u 13. stoljeću«, *Prilozi povijesti umjetnosti u Dalmaciji* (=*PPUD*), sv. 35, Split 1995., str. 121.

8 D. Damjanović, »Neogotički tornjevi Zagrebačke katedrale – stil i kontekst«, *Radovi Instituta za povijest umjetnosti* 29/2005., str. 260.

9 L. Jelić, op. cit. (bilj. 5), str. 49. Podnožje 3,69 m, prvi prizemni kat 10,10 m, drugi kat 7,79 m, treći 6,83 m, četvrti 6,93 m, peti 6,18 m, te šesti oktogonalni red 4,83 m. Visina piramidalnog krova iznosi 4,68 m.

10 J. Belamarić, »Zvonik splitske katedrale«, *Vijenac* 172, 5. listopada 2000.

11 D. Kečkemet, »Figuralna skulptura romaničkog zvonika splitske katedrale«, *PPUD*, sv. 9, Split 1955., str. 93.

12 Majstor koji ih je oblikovao vrlo vjerojatno nikada u životu nije imao prilike vidjeti ni proučavati anatomiju tih egzotičnih životinja. Skulpture je radio prema dostupnim predlošcima pa mu se potkrala pogreška tako da je lavica dobila grivu koja je specifična mužjacima. Tijela lavice i lava oblikovana su u ležećem položaju, a glave s poluotvorenim čeljustima usmjerene prema središnjem dijelu prilaza. Oba lava izvorno su u šapama imala po jednu životinju, od kojih je sačuvano samo janje (ili kozle) u mužjakovim šapama.

neki autori pišu da su različite datacije, preseljeni s nekog drugog mjesta te naknadno ugrađeni u zvonik.[13] S iste strane nalazi se i Ottov reljef s prikazom splitskih zaštitnika sv. Staša, sv. Dujma i sv. Petra iz sredine 13. stoljeća.[14] U sjeverni i južni zid prvoga kata uzidana su unutarnja kamena stepeništa koja su osvijetljena dvama uskim romaničkim prozorskim otvorima na zapadnom pročelju. Na prva dva kata zvonika nalaze se kapiteli korintskog i kompozitnog tipa, a na četvrtom i petom katu kapiteli su zadebljanih listova. Pojavljuju se mjestimično i na donjim katovima, a analogni primjeri nalaze se na zvoniku trogirske katedrale. Na čitavom zvoniku nalazi se stotinjak stupova različitih dimenzija i formi, od kojih su neki izvorno bili tordirani. Velik broj njih izvorno je pripadao kasnoantičkoj palači. Neki od stupova bili su od porfira, verde antica, cipollina te crvenog i sivog granita.[15] Danas su na pojedinim mjestima vidljivi stupovi i vijenci od cipollina[16] (jugozapadni ugao prvog kata, vijenac drugog kata zapadnog pročelja) i granita (zapadno pročelje). Različite vrste mramora kasnoantičkog podrijetla vidljive su i na bazama stupova. Među njima se ističe zelena baza na sjevernoj strani trećeg kata zvonika te šareni lukovi izvedeni u više od pet različitih vrsta mramora pod svodom prvog kata te pod lukovima drugog kata. Vrlo lako može se zamisliti kako je zvonik izvorno izgledao, sagrađen od toliko različitih vrsta kamena, mramora i granita, kada mu se pandan u raznolikosti reutiliziranih vrsta kamena, doduše u mnogo manjim dimenzijama, može vidjeti unutar katedrale, na romaničkoj propovjedaonici. Analogije u izvedbi i primjeni različitih materijala L. Jelić uočio je kod pročelja Sv. Stošije u Zadru.[17] Od ostalih elemenata arhitektonske dekoracije, na zvoniku se izvorno nalazilo čak oko dvjesto pedeset ulomaka različitog sadržaja. Bogatstvo raščlanjenih zidanih površina, stupova i arhitektonske dekoracije doprinosilo je dojmu plastičnosti zvonika. Na zapadnom pročelju prvog kata zvonika nalazile su se figure nage žene te figura s prikazom muškarca i demona koje se pripisuju majstoru Boninu iz Milana.[18] Na južnom pročelju prvog kata nalazio se kip anđela s grbom nadbiskupa Dujma de Judicibusa koji se pripisuje Jurju Dalmatincu ili Boninu iz Milana.[19] Tijekom velike restauracije sve navedene skulpture zamijenjene su novima, a originali pohranjeni u Arheološkom muzeju u Splitu, solinskom Tusculumu i Muzeju grada Splita. Sve gotičke skulpture naknadno su ugrađene u zvonik, vjerojatno prilikom nadogradnji ili tijekom radova

---

13 T. G. Jackson, *Dalmatia, the Quarnero and Istria*, Vol. II, Oxford 1887., str. 55.

14 Na reljefu se nalazi uklesan natpis: *Accipe primum Salon(a)e pontificatum Dalmatia(e)que regnum plebiq(ue) lucrar(e)*…. L. Jelić, »Zvonik spljetske stolne crkve«, *Vjesnik hrvatskog arheološkog društva*, Zagreb 1895-1896, str. 72.-77.

15 T. G. Jackson, op. cit. (bilj. 13), str. 56.

16 K. Marasović, D. Matetić Poljak, »Upotreba dekorativnog kamena u Dioklecijanovoj palači u Splitu«, *Histria Antiqua* 19, Pula 2010., str. 93.

17 L. Jelić, op. cit. (bilj. 5), str. 56.

18 I. Babić, »Tri srednjovjekovne skulpture s erotskim temama«, *Prijateljev zbornik* I (*PPUD* 32), Split 1992., str. 267-292.

19 P. Marković, »Anđeo štitonoša s grbom obitelji de Judicibus – još jedan nepoznati suradnik Bonina Jakovljeva iz Milana*«, Ars Adriatica* 4, Zadar 2014., str. 199-212.

popravaka. Sa stražnje strane prvog kata, na mjestu gdje se s lukom spajaju zvonik i katedrala, nalazi se skulptura volovskog tijela i glave koja je na istom mjestu i danas. Na zvoniku su se nalazile i konzola s glavom vola koja je u tijeku restauracije premještena u Tusculum, te konzola s ovnujskom glavom, s trećeg kata južne strane zvonika premještena u Nadbiskupsku palaču. Na zapadnoj strani trećeg kata nalazio se fragment monumentalnog reljefa božice s krunom gradskih zidina koji je nakon restauracije pohranjen u Arheološkome muzeju u Splitu. Na vijencu istog kata nalazilo se mnogo kasnoantičkih ulomaka s natpisima. Njih dvadeset i devet otkriveno je prilikom restauracije zvonika u 19. st. Natpisi su uglavnom bili sepulkralnog sadržaja. Na jednom je spomenuta carica Faustina.[20] Pronađena su i četiri velika fragmenta koja spominju gradnju cesta za vrijeme cara Tiberija i namjesnika Dolabelle.[21] Na stranicama dviju od četiri ploče sačuvani su motiv naizmjeničnih zubaca koji pripadaju romaničkom vijencu između trećeg i četvrtog kata. Prilikom obnove splitske katedrale natpisi su izvađeni iz zvonika i 1896. godine pohranjeni u Arheološki muzej.[22]

Na bazama stupova na zapadnoj strani četvrtog kata zvonika nalazile su se skulptura sfinge te lava/grifona, a na stražnjoj strani jedne konzole dio monumentalnog antičkog natpisa u kojem se spominje Salona SALON(...).[23] Ernest Hébrard navodi da su se među demontiranim ulomcima našla i tri torza antičkog podrijetla.[24] U zvoniku su se, osim antičkih i kasnoantičkih spolija nalazili ugrađeni i ranosrednjovjekovni spomenici: stupac s pleternim ukrasom, ulomak mramornog ciborija, ulomak ciborija isklesanog u vapnencu i dr.

Posljednji kat zvonika vrlo je vjerojatno sagrađen krajem 15. ili početkom 16. stoljeća. Izvorno je bio poligonalnog, osmerokutnog oblika s krovom u formi višestranične piramide ispod koje je bila kupolna konstrukcija. Dovodi ga se u vezu s Nikolom Firentincem i Andrijom Alešijem, no njihov rad na zvoniku potvrđen je uz pomoć povijesnih izvora samo u kontekstu zamjene stupova i drugih popravaka. Prema starim fotografijama i nacrtima vidljive su renesansne stilske karakteristike ornamenata tog kata.

---

20 J. Jeličić-Radonić, »Natpis carice Faustine iz zvonika splitske katedrale«, *Vjesnik za arheologiju i povijest dalmatinsku*, 100, Split 2007., str. 49-61.

21 Lucius, *De Regno Dalmatiae et Croatiae libri sex*, Amsterdam 1666., str. 34; J. Spon, G. Wheler, *Voyage d'Italie, de Dalmatie, de Grece, et du Levant*, Paris 1678., sv. III, str. 80; D. Farlati, *Ecclesia Salonitana, ab ejus exordio usque ad saeculum quastum aerae Christianae,* Vol. 1.*,* 1751., str. 286; T. G. Jackson, op. cit. (bilj. 13), str. 58; M. Abramić, »O novim miljokazima i rimskim cestama Dalmacije«, *Vjesnik za arheologiju i historiju dalmatinsku*, XLIX, Split 1926.-27., str. 139-155; I. Babić, »Zapažanja o zvoniku splitske katedrale«, *Vjesnik za arheologiju i povijest dalmatinsku*, 100, Split 2007., str. 161; Z. Buljević, *Split u Arheološkome muzeju Split* (katalog), Arheološki muzej – Split, 2007.; D. Demichelli, A. Demichelli, »Počasna baza za kip cara Karakale iz Salone – prenamjena, spajanje i novo čitanje«, *Tusculum*, 10/1, Solin 2017., str. 39-40.

22 Inv. br. 2296, b. inv. br. A 2271, c. inv. br. A 2272, d. inv. br. A 2270.

23 D. Kečkemet, op. cit. (bilj. 11), str. 127.

24 E. Hébrard, J. Zeiller, *Le Palais de Diocletien*, Paris 1912., str. 121.

Zvonik katedrale sv. Dujma u Splitu prije radikalne obnove, kraj 19 . st.

POPRAVCI, OBNOVE I RADIKALNA RESTAURACIJA

O izvornom zvoniku sačuvan je mali broj podataka, nekoliko nacrta i fotografija. Kao što je već prethodno navedeno, za njegovu gradnju u velikoj su mjeri korištene različite vrste kamena i mramora kasnoantičkog podrijetla. Sekundarno korišteni materijali s vremenom su oslabljeni, a procesi propadanja zasigurno su bili progresivniji s obzirom na to da se radilo o starijim i nanovo iskorištenim kamenim elementima. Iz šturih povijesnih izvora doznaju se aktivnosti vezane uz gradnju, statička ojačanja i popravke. Već se početkom 15. stoljeća u vrijeme nadbiskupa Dujma de Judicibusa prvi kat zvonika ojačava pilastrima i lukovima.[25] Na popravcima radi i Juraj Dalmatinac 1440-ih godina.[26] Sedamdesetih godina 15. stoljeća angažirani su Nikola Firentinac i Andrija Aleši.[27] Prema prvom ugovoru, Aleši i Firentinac obvezuju se izvršiti zamjenu stupića i druge radnje. Precizirano je mijenjanje elemenata iznad kapitela središnjih dvojnih stupova na četvrtom katu zvonika. Prema drugome sačuvanome dokumentu, Aleši je isplaćen za neke radove no nije poznato koje. Posljednji dokument obvezuje Alešija da ukloni staro popločenje koje se nalazi iznad svoda što spaja zvonik s katedralom, da poruši terasu, sagradi novu kroz koju neće protjecati voda, a koja će biti popločana novim pločama uz upotrebu starih komada kamena. Obvezuje se izraditi i stube koje vode s terase u zvonik. Jurjevu ruku Karaman i Kečkemet prepoznali su kod dvaju kapitela ispod svoda prvog kata zvonika, a Alešijevu i Firentinčevu na nadglavnicima iznad dvojnih stupića na četvrtom katu.[28] Dokumenti se datiraju u 1472., 1478. te 1480. godinu.[29] Niti tri desetljeća

[25] I. Babić, op. cit. (bilj. 21), str. 149.

[26] D. Kečkemet, »Dekorativna skulptura zvonika splitske katedrale«, *Starohrvatska prosvjeta*, 8-9, Split 1963., str. 203-216.

[27] I. Babić, op. cit. (bilj. 21), str. 149, bilj. 9; R. Eitelberger, *Die mittelalterlichen Kunstdenkmaler Dalmatiens*, Wien 1861., str. 266; G. Praga, »Documenti intorno ad Andrea Alessi«, *Rassegna Marchigiana* VIII, Pesaro 1929-1930, str. 16.

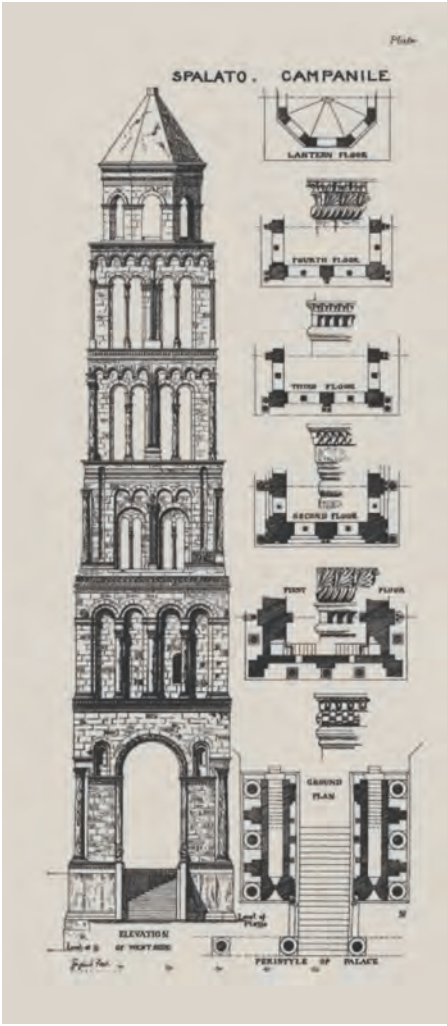
[28] D. Kečkemet, op. cit. (bilj. 26).

[29] K. Prijatelj, »Andrija Aleši u Splitu«, *PPUD*, sv. 5, Split 1948., str. 48.

poslije bilježi se da je zvonik u lošem stanju te da je neke kapitele stupova potrebno zamijeniti novima. O popravcima i obnovama te pomanjkanju sredstava crpe se podaci i iz oporuka splitskih ličnosti, pa se tako iz one Marka Marulića saznaje da on oporučno namjenjuje vlastita sredstva za obnovu.[30]

Mnogo štete kroz stoljeća prouzročili su udari gromova. Julije Bajamonti u jednom članku iz 18. stoljeća[31] spominje udar groma koji je izazvao pad kamena na nadbiskupsku palaču i na kip sv. Barbare na obližnjoj crkvi.[32] Pred kraj 18. st. na obnovi gornjih zona zvonika radi inženjer Nikola Vojnović Nakić.[33] Tijekom prve polovine 19. st. obnove se provode pod vodstvom arhitekta i konzervatora Vicka Andrića.[34] God. 1822. Andrić radi gromobran te mijenja dva stupa. Tom prigodom zvona su prenesena s petoga i četvrtoga kata na drugi.[35] Godine 1848. i 1849. Andrić izrađuje snimak katedrale i zvonika, 1849. godine opet popravlja gromobran, a 1853. svod između prvog kata zvonika i katedrale.

Kroz drugu polovinu 19. st. obavljeni su manji popravci na svodu kako bi se preventivno spriječilo padanje kamenja. Ponajviše procesa propadanja odvijalo se na zapadnom pročelju zvonika (prema Peristilu). S te strane otpadali su veći ulomci kamena koji su ukazivali na nastanak još većih oštećenja.[36]



Zapadna strana zvonika prije restauracije, iz: T. G. Jackson, Dalmatia, Quarnero and Istria, 1887.)

30 L. Margetić, »Marulićeva oporuka«, *Colloquia Maruliana* 14, Split 2005., str. 32-33.

31 Događaj se zbio 8. studenoga 1786. godine.

32 A. Duplančić, »Arhivsko-bibliografski podaci o nekim splitskim spomenicima iz Arheološkog muzeja«, *Vjesnik za arheologiju i povijest dalmatinsku*, 100, Split 2007., str. 205.

33 L. Jelić, op. cit. (bilj. 5)., str. 45.

34 D. Kečkemet, *Vicko Andrić, arhitekt i konzervator*, Split 1993., str. 120-122.

35 L. Jelić, op. cit. (bilj. 5), str. 45.

36 S. Piplović, »Radovi unutar Dioklecijanove palače u Splitu sedamdesetih godina XIX. stoljeća«, *Kulturna baština* 39, Split 2013., str. 365.

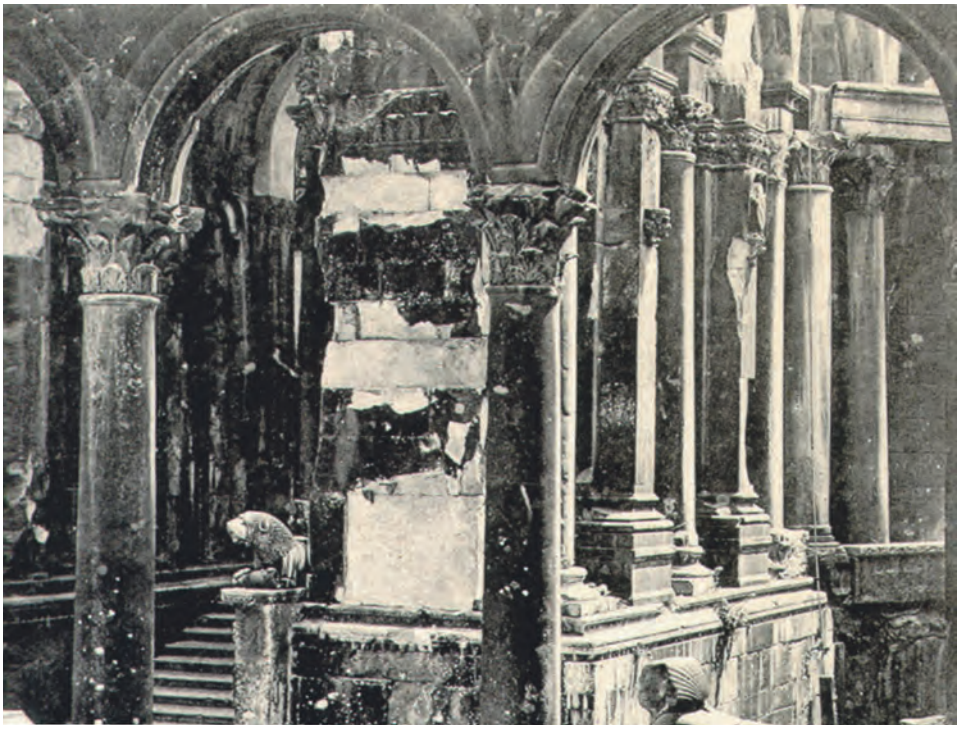
Radikalna i donekle faksimilna obnova zvonika koja je uslijedila spada među najveće zahvate obnove onog vremena na ovim prostorima. Tadašnja nastojanja bila su takva da se, ako postoje planovi i nacrti za rekonstrukciju ili dovršavanje građevina, radovi izvedu što vjernije, no općenito, nepostojanje nacrta graditelje i restauratore nije sprečavalo ipak izvesti radove. Iako su crteži zvonika postojali, plastika ipak nije vjerno i u punom obimu replicirana na nove površine. Godine 1882. Andrija Perišić podiže skelu od drvene građe uokolo zvonika, nakon čega je izrađen precizan nacrt čitavog zvonika u velikom mjerilu (Alois Hauser, počasni arhitekt katedrale u Splitu). O uzrocima propadanja, zatečenom stanju zvonika te najznačajnijim oštećenjima pisao je L. Jelić.[37] Obnova je započeta 1886. godine prema projektima bečkog arhitekta Aloisa Hausera. Nakon njegove smrti, taj zadatak preuzima Emil Foster. Radovi su završeni 1908. godine. Za vrijeme trajanja projekta obnove, radove je izvodio Andrija Perišić. Prvo je izvedeno postupno demontiranje elemenata zvonika nakon čega je uslijedila faksimilna obnova. Najprije su 1886. godine razgrađeni krov, oktogon šestoga kata i peti kat. Godine 1890. uklanjaju se četvrti, treći i drugi kat, a potom prizemni dio i prvi kat. Tijekom obnove velik dio kamene plastike i klesanaca zvonika raznesen je i smješten na nekoliko lokacija, a tek manji broj ulomaka vraćen je na izvorni položaj. Određeni broj elemenata premješten je te ugrađen u zgrade i vrt Tusculuma u Solinu zahvaljujući don Frani Buliću. Neki ulomci nalaze se u Arheološkome muzeju, Muzeju grada Splita i u Nadbiskupskoj palači. Manje vrijedni klesanci prodani su poduzetniku Ivanu Bettizi da bi ih opet koristio kao građevni materijal.[38] Oštećeni klesanci zamjenjuju se novim kamenim kvadrima isklesanima od bračkog i korčulanskog vapnenca. Ugradnja klesanaca izvodi se »u suho sa pobroncanim pijavicama«,[39] a vanjsko lice klesanaca oponaša izvornu obradu. Rascijepani stupovi stabiliziraju se brončanim ključevima ili zamjenjuju novima.

---

37 L. Jelić, op. cit. (bilj. 5), str. 48. »S više uzroka je zvonik postradao. Grom, što ga je više puta šinuo, raztrojio gornja dva reda, a razklimao i donje. Kako je zvonik dobrim dielom sgradjen vapnencem iz starih rimskih gradjevina, tako nije mogao odoliti uplivu atmosferskom, te se najskoli uslied slane morske pare, što ju južni vjetar donosi, dobrano izsolio. Spojalom zidova bi upotrebljivan klačni zamazak uz gvozdene spone; zamazak nije vazda bio najbolje vrsti, te na mnogim mjestim popustio u čvrstoći; a željezne pijavice uslied rdjanja povećale svoj volum, pa razdrobile kamenje. Osim toga pogreške u razterećivanju tlaka gornjih redova na donji prizemni, osobito nespretno Tvrdoj em dodani pornjaci u prvom redu, koji ne bili vezani, nego prislonjeni uz zid, sdrobile zaglavnjake lukova i razciepale stupove, te oslabile mnogo prvi red, koji uzdrži svod, na kojem počiva čitava tjelesina zvonika. Popravljenje dakle moralo je zahvatiti i donje i gornje redove zvonika a istodobno radi velike važnosti umjetničkih mu oblika sačuvati ga nepromjenjena. Zaista mnogo manje truda i novca bi bilo stajalo porušiti zvonik, te s nova ga graditi, ali zahtjev znanosti i umjetnosti je bio, da se zvonik popravi a ne promjeni«.

38 D. Kečkemet, »Restauracija zvonika splitske katedrale«, *Zbornik zaštite spomenika kulture*, sv.VI-VII, Beograd 1957., str. 75.

39 L. Jelić, op. cit. (bilj. 5), str. 48.



Oštećenja prizemlja zvonika prije restauracije, oko 1890. godine

Za vrijeme radova nametnula su se pitanja o nužnosti radikalne obnove, problemu deponiranja izvornih ulomaka, vjerodostojnosti rekonstruiranih skulptura i kapitela te odnosa njihova izvornog položaja u korpusu zvonika u usporedbi s novim koji se ponegdje razlikovao. Od preko dvjesto pedeset izvornih elementa dekoracije zvonika, većina ih je izvorno bila različita, tj. forme su se rijetko ponavljale, no te forme i raznolikost, nažalost, nisu poštovane u restauratorskom projektu koji se oslanjao na stilsku purifikaciju koja je bila legitimna u konzervatorskoj praksi 19. st. A. Hauser i suradnici na svojevrstan su način ispravili »nedostatke« srednjovjekovnog zvonika, uvodeći simetričnost i dosljednost ponavljanjem motiva kamene plastike. Raznolikost dekoracija vidljiva je u Tusculumu. Pretpostavlja se da je rekonstruirano i zamijenjeno čak tri četvrtine dekorativnog sadržaja zvonika.[40] Prvi kat zvonika proširen je zbog statičkih razloga, a završni kat obnovljen je u neoromaničkom stilu.

Nakon devetnaest godina obnove, 21. studenoga 1908. godine radovi su završeni, uklonjene su drvene skele sa zvonika, ograda oko crkve te velika daščara s Plokate sv. Duje koja je korištena u svrhe zahvata obnove.[41]

---

[40] I. Babić, op. cit. (bilj. 21), str. 150.

[41] S. Piplović, »Historijat obnove Buvininih vratnica na splitskoj katedrali godine 1908.«, *Kulturna baština* 40, Split 2014., str. 302, 305.

Sljedeći popravci na zvoniku bilježe se 1926. godine zbog dotrajalog i zahrđalog željeznog stubišta.[42] Početkom 1927. godine izrađen je troškovnik popravaka.[43] Za izradu armiranobetonske ploče kao zadnjeg kata pod osmerostranim završetkom zvonika, predložena su dva rješenja. Na razini gdje se nalaze zvona bilo je potrebno zamijeniti drveni pod armiranobetonskom pločom. Crkovinarstvo je dalo betonirati i drugi pod zvonika.[44] God. 1930. župa stolne crkve upozorila je Konzervatorski ured kako su neke stube klimave i bez čavala. Tada su izmijenjene, zakrpane i bojane stepenice te izmijenjeno drveno stepenište prvog kata.[45]

Sljedeći veći konzervatorsko-restauratorski zahvati na zvoniku bilježe se početkom 21. stoljeća. Zahvatima su obuhvaćeni presvođeni prolaz iznad stubišta prvog kata zvonika, luk majstora Otta, reljefi Navještenja i Rođenja Kristova te Ottov reljef s prikazom splitskih zaštitnika sv. Staša, sv. Dujma i sv. Petra iz sredine 13. stoljeća.[46] Tijekom tih zahvata, obavljeni su cjeloviti konzervatorsko-restauratorski postupci od dijagnostičkih ispitivanja do odsoljavanja, stabilizacije, predčišćenja, laserskog čišćenja i konsolidacije.[47]

Godine 2016. izrađen je detaljan arhitektonski snimak,[48] a 2018., 2019. te 2020. uklanja se dotrajalo i opasno željezno stubište, na mjesto kojega se projektira i izvodi novo stepenište. Čiste se i saniraju površine u unutrašnjosti zvonika[49] na temelju konzervatorsko-restauratorskog elaborata sa smjernicama za obnovu *čime je omogućeno ponovno otvaranje zvonika za posjetitelje*. Na vanjskim površinama 2019. godine izvode se radovi u prizemlju i prvom katu sjeverne strane zvonika.[50]

ZATEČENO STANJE ZVONIKA KATEDRALE

Preliminarnim vizualnim pregledom i analizom zatečenog stanja svih površina zvonika katedrale sv. Dujma evidentirane su različite vrste organskih i anorganskih onečišćenja te u mnogo manjem obimu mehanička ili strukturna oštećenja.[51]

---

42 Kanonik i župnik dr. Josip Carević zbog toga se 15. srpnja 1926. godine obraća Konzervatorskom uredu.

43 U veljači 1927. godine Petar Kukoč Petraello pregledao je stubište zvonika i napravio troškovnik popravaka.

44 S. Piplović, »Dioklecijanov mauzolej između dvaju svjetskih ratova«, *Radovi Zavoda za povijesne znanosti HAZU u Zadru*, sv. 44, Zadar 2002., str. 207-242, str. 213.

45 *Ibidem*, str. 214.

46 Radove je izvodila tvrtka Neir d.o.o. iz Splita. Voditeljice radova bile su konzervatorice-restauratorice Veronika Meštrović Šaran i Helena Tresić Pavičić.

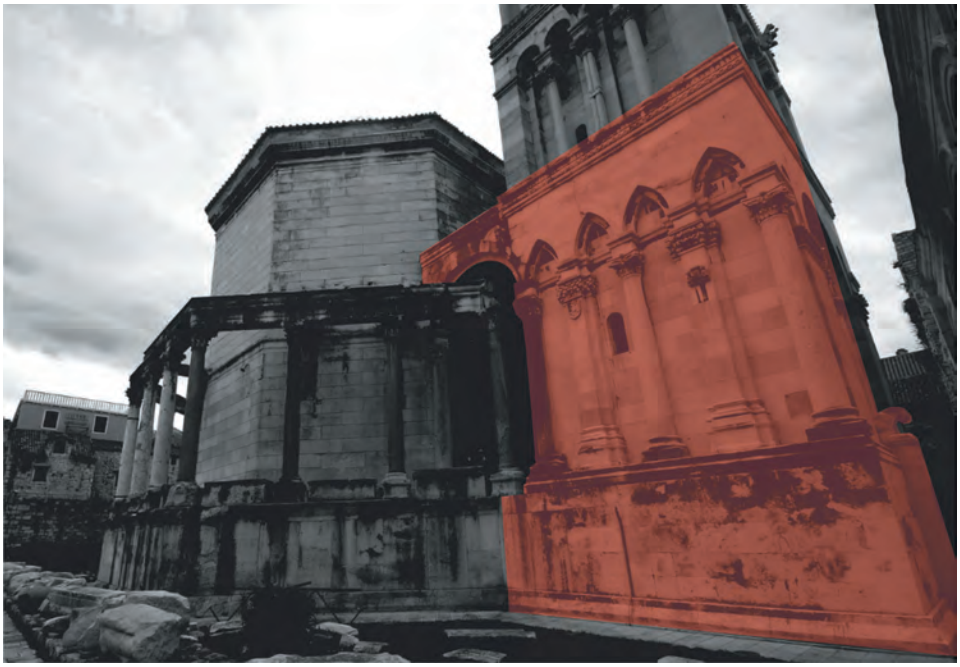
47 V. Meštrović Šaran, »Luk majstora Otta pod svodom zvonika katedrale sv. Dujma u Splitu«, *Klesarstvo i graditeljstvo*, sv. XXI, broj 1-2, Pučišća 2010., str. 84-100.

48 Ured ovlaštene arhitektice Josipe Ružić, Solin.

49 Projekt je izradila Marijana Kovačić, dipl. ing. građ. iz tvrtke Genista d.o.o. Split. Radove je izvodila tvrtka Rocoso d.o.o. Trogir.

50 Konzervatorsko-restauratorske radove izvela je tvrtka Art Core d.o.o. Split (Ana Doljanin, mag. konzerv. restaur., Peter Pečenko, s.p. Restauro, Veronika Meštrović Šaran, dipl. konz.-restaur., Ivana Duvnjak, mag. konzerv.-restaur. te Jure Balić, mag. konzerv.-restaur).

51 Drastičnija mehanička oštećenja kamenih klesanaca nastala su od stare metalne konstrukcije ugrađene u kamen na razini međukatne konstrukcije pretposljednjeg i posljednjeg kata zvonika.



Zona obuhvata konzervatorsko-restauratorskih radova 2019. godine

Zabilježena su onečišćenja i oštećenja ovisno o stupnju reljefnosti, uvučenosti ili izbočenosti u odnosu na korpus zvonika, položaj u odnosu na strane svijeta te starosti klesanaca ili skulptura.

Reljefno ili skulptorski obrađene površine imaju tendenciju bržeg prikupljanja i taloženja tamnih anorganskih onečišćenja iz zraka. Isto vrijedi općenito za sve površine uvučene u odnosu na okolne površine zidova. Svi navedeni elementi od kojih je konstruiran i dekoriran zvonik imaju jednake tipove onečišćenja i oštećenja s intenzitetom ovisnim o stranama svijeta. Na sjevernoj strani organska onečišćenja intenzivnija su nego na južnoj, sušnijoj i sunčanijoj strani, na kojoj su pak izraženije izbijeljene plohe zbog utjecaja aerosoli koji nošeni vjetrom dopiru iz smjera splitske rive. Različiti tipovi organskog onečišćenja tj. nižeg biološkog obraštaja: algi, lišajeva i mahovina evidentirani su na međukatnim parapetima.[52] Više biološkog obraštaja vidljivo je na izvornim elementima koji

Uzrok je oštećenja korozija – »fizikalno-kemijska interakcija između željeza i okoliša, čiji su rezultat promjene u svojstvima željeza koje mogu voditi k slabljenju nosivosti i funkcionalnosti konstrukcije«. Ugrađeni željezni H-profili korodirali su uslijed utjecaja atmosferilija, a širenjem volumena mehanički su oštetili blokove kamena u koje su ugrađeni. Potencijalno velika oštećenja prouzročena su promjenom volumena samog željeza. U zidovima i među sljubnicama evidentirani su preostali dijelovi željezne konstrukcije i rukohvata starog stepeništa.

52 D. Krstić, »Istraživanje stanja Peristila Dioklecijanove palače u Splitu«, *Konkam* 2004, Zbornik radova, UMAS, Split 2004., str. 4; H. Malinar, »Štetni utjecaji lišaja na kamene spomenike«, *Klesarstvo i graditeljstvo*, sv. 7, broj 1-2, Pučišća 2001., str. 38-42; V. Marinković, »Konzervatorsko-restauratorska istraživanja na stećcima s lokaliteta Crljivica*«, Portal* – Godišnjak Hrvatskog restauratorskog zavoda, sv. 7, Zagreb 2016., str. 37, 38.

Sjeverna strana prizemlja zvonika prije konzervatorsko-restauratorskih radova

su nakon restauracije krajem 19. i početkom 20. stoljeća ponovno ugrađeni u zvonik. Ti elementi su, ili već otprije bili kontaminirani obraštajem, ili zbog veće starosti i poroziteta zadržavaju vlagu koja pogoduje razvoju kultura. Prema tome se može lakše uočiti i evidentirati izvorne blokove i dijelove vijenaca i druge kamene plastike. Na površinama zvonika najistaknutije su modrozelene alge, žuti lišajevi, te ponešto zelenih i tamnosivih mahovina. Biološki je obraštaj izraženiji na sjevernoj strani zvonika zbog povoljnijih uvjeta za razvoj: manje sunčeve svjetlosti, više vlage te niže temperature u ljetnim periodima.

Osim organskog, površine zvonika onečišćene su i anorganskim tipovima onečišćenja. Anorganske naslage crnih i sivih kora s različitim varijacijama debljine, čvrstoće i površinske teksture može se podijeliti u tri skupine: blaga anorganska (površinska) onečišćenja, anorganska siva kompaktnija nečistoća te anorganske prljavštine tamnosive do crne boje. Tamna onečišćenja pojavljuju se svuda, no u pravilu na zaklonjenim površinama. Debljine variraju od mikromilimetarskih do nešto debljih (višemilimetarskih) naslaga. Tamnije nečistoće taložene su na zaklonjenim i uvučenim dijelovima zaštićenima od djelovanja oborinskih voda, a najizraženija su ispod lukova i vijenaca zvonika te na ostalim arhitektonskim dekorativnim elementima. Tamne kore (skrame ili inkrustati) nastaju dugotrajnim procesom taloženja nečistoća iz zraka. Jednaki klimatski uvjeti, blizina mora i industrijskih postrojenja te drugi srodni čimbenici rezultirali su s gotovo identičnom formom onečišćenja kao i kod ostalih spomeničkih građevina u gradskoj jezgri. Za razliku od tamnijih površina, one površine koje su kontinuirano bile izložene

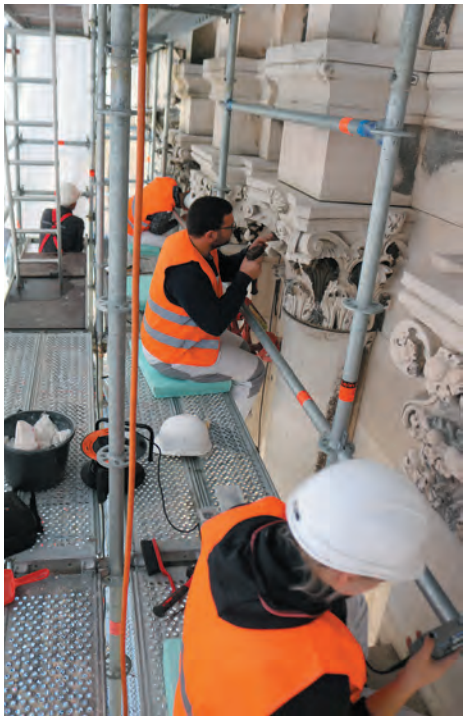
Unutarnji lukovi izvedeni od različitih antičkih mramora te izvorni ukrasni vijenac između drugog i trećeg kata na zapadnoj strani

oborinskim vodama erodirale su, a površine kamena poprimile su brašnastu teksturu te svijetlu, gotovo bijelu nijansu.[53]

U unutrašnjosti korpusa zvonika svi otvori orijentirani su tako da kroz njih agresivno prodire vjetar koji cirkulira prostorijama te, ovisno o smjeru i sadržaju, štetno utječe na kamen. Primjerice, južni vjetar s velikom količinom aerosoli prodire kroz južni otvor te, osim što degradira bočne strane otvora, uništava i strukturu kamena na zidu nasuprot. Kod tih su površina vrlo jasni primjeri eflorescencije i subflorescencije koji su svojim malignim djelovanjem prouzročili listanje i odvajanje većih dijelova kamenih blokova. Oborinske vode, koje agresivno prodiru između mjesta spojeva klesanaca zidova, svodova, između prozorskih otvora te horizontalnih međukatnih vijenaca i poploćenja prvog i drugog, te drugog i trećeg kata, mehanički izbijaju ispune sljubnica i vlaže unutrašnjost zidova. Osim utjecaja oborinskih voda, unutar zvonika vidljivo je djelovanje higroskopne vlage, tj. nastanak soli prouzročenih likvidnom vlagom te prisutnost inicijalnih soli. Higroskopna vlaga nastaje kada soli prisutne u materijalima zbog svojstva vodoupojnosti upijaju vodenu paru iz zraka. Tada određenim procesima koji imaju svoj ritam i oscilacije, vlaga prodire dublje u strukture materijala.

[53] H. Malinar, *Vlaga u povijesnim građevinama: sistematika, dijagnostika, sanacija*, Ministarstvo kulture Republike Hrvatske, Uprava za zaštitu kulturne baštine, Zagreb 2003., str. 14-17.

Pogled na zvonik tijekom konzervatorsko-restauratorskih radova



Mehaničko čišćenje skrame na arhitektonskoj skulpturi zvonika

KONZERVATORSKO-RESTAURATORSKI ZAHVATI

Konzervatorsko-restauratorskim radovima u prizemlju i prvom katu sjeverne strane zvonika prethodio je detaljan pregled zatečenog stanja vizualnim proučavanjem, fotografiranjem i ucrtavanjem različitih tipova oštećenja i onečišćenja. Većina kamene plastike i skulptura restaurirana je prilikom velike obnove zvonika krajem 19. i početkom 20. stoljeća. Pojedini elementi ipak su sačuvani. Među njima ističe se skulptura vola na kojoj je očuvan dekorativni sadržaj izveden u drugim materijalima. Na mjestima oblikovanih očiju sačuvane su olovne aplikacije izvedene u formi koja prati oblik gornjeg i donjeg kapka. Iznad klesanih ušiju očuvani su utori s tragovima olova što sugerira da su volovski rogovi također bili izvedeni u nekom metalu. Osim skulpture vola, na pojedinim elementima međukatnog vijenca (vijenac sa zupcima između prvog i drugog kata) također su evidentirani izvorni komadi, koji su prepoznati prema stanju kamena, otupljelim bridovima te količini nečistoća na površinama. U kontekstu velikih kamenih klesanaca, za pojedine se može pretpostaviti da su reutilizirani na način da su nakon razgradnje u tzv. velikoj restauraciji, preklesani te ponovno ugrađeni u korpus zvonika.

Luk koji spaja zvonik s katedralom također pripada skupini elemenata koji su izvorni. Njegova obnova pripisuje se Andriji Alešiju na temelju dokumenta iz

Detalj anorganskih onečišćenja na akantusu kapitela

Mehaničko stanjivanje anorganskih onečišćenja

1480. godine. Sve prethodno opisane zone označene su u nacrtnoj dokumentaciji te se prema njima može preciznije zaključiti koliko površina pripada novoj, a koliko izvornoj građi zvonika.

Nakon detaljnog pregleda površine prizemlja i prvog kata zvonika, pristupilo se odabiru mjesta uzorkovanja kamena za određivanje koncentracija štetnih vodotopljivih soli (klorida, sulfata, nitrata). Mjesta uzorkovanja odabrana su temeljem vizualnih promjena koje upućuju na izrazitu aktivnost soli, a manifestiraju se u obliku ljuskanja, osipanja i listanja površine kamena.[54] Ovakve promjene izrazitije su zastupljene na površinama koje su prekrivene debljim sigastim skramama. Na mjestima postojećih oštećenja uzeti su uzorci u svrhe laboratorijskih ispitivanja.[55] Kvalitativne analize izvedene su u svrhu dijagnosticiranja prisutnosti štetnih topljivih soli u kamenu. Kvantitativne analize provode se kako bi se na temelju preciznih rezultata moglo potvrditi i predvidjeti štetno djelovanje soli, pa

[54] C. Bläuer Böhm, »Quantitative salt analysis in conservation of buildings«, *Restoration of Buildings and Monuments*, 11(6), 2005., str. 410.

[55] Uzorak br. 1 uzet je s niže visinske kote, s baze u prizemnom dijelu. Uzorak br. 2 uzet je s kapitela koji se nalazi u samom središtu pročelja. Uzorak br. 3 uzorkovan je s krajnje istočnog (lijevog) kapitela. Uzorak 4. uzet je s površine krajnje zapadnog šiljastog luka. Uzorak br. 5 uzet je s površine šiljastog luka koji je drugi s istočne (lijeve) strane). Uzorak broj 6 uzorkovan je s geometrijskog motiva dentikula međukatnog vijenca pri vrhu prvog kata sjeverne strane zvonika. Uzorci su analizirani u laboratoriju Umjetničke akademije u Splitu.

Bonino iz Milana, Dječaci grbonoše s grbom obitelji Ciprianis

onda u skladu s time i preventivno djelovati na štetne procese. U većini uzoraka detektirani su sulfati[56] u potencijalno štetnim koncentracijama, dok su kloridi i nitrati izostali u potpunosti. Kod nekoliko uzoraka utvrđeni su sulfati u iznimno štetnim koncentracijama. Prema svim dobivenim podacima moglo se zaključiti da je kamena plastika djelomično kontaminirana isključivo sulfatima koje je bilo potrebno ukloniti iz strukture kamena. Oni su tretirani u dva koraka, postupkom sa 15-postotnom otopinom amonijeva karbonata te 7-postotnom otopinom barijeva hidroksida.[57] Nakon potpunog sušenja, pulpu se uklonilo s kamena, a na površinu nanio sloj celulozne pulpe zasićene vodom u cilju neutralizacije prethodnog postupka. Pretvorba zaostalih topljivih sulfata u netopljive soli provela se upotrebom 7-postotne otopine barijeva hidroksida.[58]

Uklanjanje nataložene nekompaktne prljavštine s površina kamena izvršeno je otprašivanjem te vodom uz pomoć visokotlačne pumpe pod kontroliranim tlakom što je omogućilo jasniji i detaljniji pregled stanja. Područja oštećena djelovanjem vodotopljivih soli nisu tretirana ovom metodom kako bi se izbjeglo dodatno oštećenje površine. Ispiranjem su djelomično uklonjeni i obraštaji tipa alge i lišajevi, no takav tip zahvata nije bio dostatan za potpuno odstranjivanje pa je

---

56 V. Meštrović Šaran, op. cit. (bilj. 47), str. 88-89.

57 Otopinu amonijeva karbonata u vodi potrebno je zasititi celuloznom pulpom te aplicirati na površine kamena. Pri tome dolazi do reakcije gipsa s amonijevim karbonatom: $CaSO_2 \cdot 2H_2O + (NH_2)2CO_2 \rightarrow (NH_2)2SO_2 + CaCO_2 + 2H_2O$ pri čemu nastaje amonijev sulfat i netopljivi kalcijev karbonat. Sušenjem celulozne pulpe, nastali amonijev sulfat, koji je vrlo topljiv, migrira s vodom na površinu pulpe.

58 Otopina 7-postotne koncentracije: 7 g barij-hidroksida, 2 g uree, 100 ml vode.

naknadnim zahvatima mikrobiološki obraštaj tretiran kemijskim metodama. Uklanjanje obraštaja na površinama međukatnih vijenaca, parapeta i baza stupova uključivala je kemijske i mehaničke metode. Bilo je potrebno kemijski tretirati i mehanički odstraniti tragove korijenja grmolikog bilja. Više biljke u predjelu korijenja tretirane su herbicidnim sredstvom. Mnogo veća, gotovo čitava površina prizemlja i prvog kata zvonika bila je prekrivena algama. Prethodno tretiranju bilo je nužno izvesti probna čišćenja. Prilikom radova probnog čišćenja uklanjanja mikrobiološkog obraštaja korišteni su različiti omjeri otopine Asepsola u vodi te široki spektar vremenskog razmaka otopine nanesene na površine. Prema zaključku donesenome na temelju probi, koristio se točno određeni postotak otopine dezinficijensa u destiliranoj vodi. Nanošenje otopine obavljalo se fino disperzirajućom prskalicom, a nakon vremenskog razmaka, otopina je ispirana s površine vodom pod kontroliranim pritiskom.

Skulptura vola s inkrustiranim olovnim očima na spoju zvonika i terase pred katedralom

Mort u sljubnicama među kamenim elementima bio je vrlo oštećen, mjestimično se osipao ili potpuno nedostajao, zbog čega voda nekontrolirano prodire u strukturu zidova gdje se zadržava i izaziva različite oblike propadanja. Dotrajale sljubnice detaljno su očišćene upotrebom tradicionalnih klesarskih alata i skalpela. Unutar pojedinih sljubnica zatečen je raznovrstan biološki obraštaj kao što su mahovine kojima su povoljni mikroklimatski uvjeti u kombinaciji sa zaostalom prašinom i zemljom stvorili idealne uvijete za nastanjivanje i razvoj. Unutar nekih sljubnica zatečeni su korodirani željezni čavli te razlomljeni komadići stakalaca. To su vrlo vjerojatno tragovi zaostali prilikom velikih rekonstruktivnih zahvata s kraja 19. i početka 20. stoljeća.

Inkrustacije na kamenu, poput tamnih kora i kalcitnih cjedina bilo je potrebno stanjiti prije primjene laserske ili kemijske metode čišćenja. Stanjivanje inkrustacija provedeno je primjenom tradicionalnih klesarskih alata i električnih rotirajućih četkica. Zbog specifičnog tipa onečišćenja na pojedinim površinama nije bilo moguće provesti lasersku metodu čišćenja. Probnim čišćenjima mikropjeskarenja različitim finim agregatima utvrđeno je da se određene zaprljane površine međukatnog vijenca s dentima uklanjaju uz pomoć aluminijeva oksida. Ista metoda s različitim agregatom korištena je i tijekom konzervatorsko-restauratorskih

zahvata na zvoniku u periodu između 2007. i 2009. godine kada su zahvatima obuhvaćeni presvođeni prolaz iznad stubišta prvog kata zvonika, luk majstora Otta, reljefne skulpture Navještenja i Rođenja Kristova te Ottov reljef s prikazom splitskih zaštitnika.

Metode kemijskog čišćenja primijenjene su samo na onim površinama na kojima onečišćenja nije bilo moguće ukloniti drugim metodama. Čišćenje kemijskim sredstvima izvodilo se pastama, oblozima i/ili deterdžentima. Na nekim mjestima korištena je i tzv. Morova pasta. Sve komponente zamiješane su u destiliranoj vodi koja je potom zasićena celuloznom pulpom koja se aplicirala na kamene površine. Nakon određenog vremenskog razmaka, pulpa se odstranila, a površine ispirale i neutralizirale vodom.

Sljubnice među elementima ispunjene su na osnovi izrade probnih smjesa morta koje se sastoje od dvostruko mljevenog, te potom fino prosijanog mljevenog kamenog agregata (3), riječnog pijeska (2) i vapna (1).

Rekonstruktivni zahvati izvedeni su samo na oštećenim površinama kamenih blokova luka koji spaja zvonik s katedralom. Smjesa korištenog umjetnog kamena kvalificira se kao obojena mineralna žbuka. Smjesa se nanosila u jednom ili više slojeva ovisno o debljini sveukupne rekonstrukcije. Umjetni se kamen nakon nanošenja modelirao, a nakon sušenja obradio tradicionalnim klesarskim alatima. Klesarskim alatom rekonstruirala se teksturna obrada prema okolnim, izvornim površinama kamena.

PRIMJENA LASERSKE METODE ČIŠĆENJA NA KAMENOJ PLASTICI ZVONIKA

Metode koje se primjenjuju u restauraciji kulturnog nasljeđa razvijale su se paralelno s tehnološkim napretkom općenito, a u njihovoj primjeni nije se dugo kasnilo na ovim prostorima u odnosu na svjetske metodološke standarde i inovacije. Tako se primjerice 2000-tih godina prilikom obnove poznatih povijesnih građevina kao što su Peristil, Mauzolej, Jupiterov hram, Zlatna vrata Dioklecijanove palače, skulpture iz Narone, Radovanov portal i dr. počela primjenjivati laserska metoda čišćenja kamena.[59] Navedeni, za šire regionalno područje pionirski projekti trasirali su put k učestalijoj primjeni ove metode prilikom restauracije kamena. Stoga se prilikom prezentacije primjene laserske metode pri čišćenju zvonika ne može govoriti o inovativnosti metode, već o novom pristupu u primjeni te metode te o razlozima zbog kojih je promijenjen pristup.

Tendencije upotrebe lasera unutar konzervatorske struke proširile su polje djelovanja na umjetničkim djelima izvedenim od različitih vrsta materijala. To je u mnogim zemljama bilo primjenjivo uz stroge kontrole postupka u vidu praćenja stanja čišćene površine kroz raznovrsne fizikalno-kemijske analize. Sustavno provođenje istraživanja o utjecaju laserske zrake na određene tipove materijala i

[59] I. Jengić, »Primjena lasera u konzervatorsko-restauratorskim radovima«, *Kvartal*, V, 2, 2008., str. 70; I. Donelli, »Konzervacija i restauracija mramornih skulptura iz Augusteuma Narone«, *VAHD* 97, Split 2005., str. 285-338.

Probe čišćenja različitim parametrima laserskog uređaja

boja rezultiralo je nizom novih spoznaja. Ispitivanja su primjenjivana na staklu, papiru,[60] pergamentu,[61] slikama,[62] keramici/terakoti,[63] metalima[64] itd., te se nakon eksperimentalne faze počela primjenjivati po muzejskim, galerijskim i samostalnim restauratorskim radionicama. Parametri laserskog uređaja prilagođavaju se materijalu, boji i teksturi umjetničkog, povijesnog ili arheološkog predmeta, a kroz fizikalno-kemijska ispitivanja može se doći do spoznaja o (ne)štetnosti po sam materijal te na taj način kontrolirati postupak.[65]

---

60 M. Jelenić, J. Striber, S. Perović Ivović, »The application of laser cleaning in paper conservation«, *Vjesnik bibliotekara Hrvatske*, sv. 58, br. 3-4, Zagreb 2015., str. 187-192.

61 C. Fotakis et alii, *Lasers in the Preservation of Cultural Heritage, Principles and Applications*, 2007, pp. 299-318 i dr.

62 P. Morais et alii, »Laser beam in the service of paintings restoration«, *Romanian Reports in Physics*, Vol. 62, No. 3, 2010., pp. 678-686 i dr.

63 M. Oujja et alii, »Laser cleaning of terracotta decorations of the portal of Palos of the Cathedral of Seville«, *Journal of Cultural Heritage*, 6, 2005., pp. 321-327.

64 Y. Koh, I. Sárady, »Surface Cleaning of Iron Artefacts by Lasers«, *Lasers in the Conservation of Artworks*, 2005.

65 Primjerice, The British Museum u drugoj polovini prošlog desetljeća pokrenuo je istraživački projekt o primjenjivosti laserskog čišćenja na oslikanim artefaktima i manjim metalnim predmetima kao što su arheološki nalazi izrađeni od legura bakra i željeza (C. Korenberg, A. Baldwin, »Laser Cleaning Tests on Archaeological Copper Alloys Using an ND:YAG Laser«, *Laser Chemistry*, 4-6, 2006.). Metoda je primijenjena prilikom uklanjanja onečišćenja na zidnim slikama Sagrestia Vecchia i u kapeli Del Manto u Santa Maria della Scala u Italiji (S. Siano, R. Salimbeni, »Advances in laser cleaning of artwork and objects of historical interest: the optimized pulse duration approach«, *Accounts of Chemical Research* 43, 2010, pp. 739-750). Iznenađujuće dobre rezultate ista je metoda pokazala i prilikom uklanjanja nečistoća s površina opeka gradske vijećnice u Sieni (opeka, polikromija na kamenu), a na našim prostorima na kupoli Dioklecijanova mauzoleja u Splitu (A. Doljanin, P. Ajduković, I. Gjerga Bratić, »The dome of the Diocletians mausoleum. Conservation and restoration works«, Italian Serbian Bilateral Workshop on Science for Cultural Heritage, 2013., pp. 71-92). Rezultati ispitivanja potvrdili su da je metoda

Lasersko čišćenje akantus kapitela

Potreba za ponovnim preispitivanjem metode (kao što je to uostalom slučaj i sa svim drugim metodama u restauraciji-konzervaciji) pobudila se među strukovnom i znanstvenom zajednicom zbog pojave decentnih, no vidljivih promjena na površinama i u strukturi materijala umjetnina. Primijećeno je da se u postupku laserskog čišćenja kulturnih dobara mogu dogoditi određena oštećenja na pojedinim vrstama materijala, pa tako i na određenim vrstama kamena.[66] Laboratorijskim istraživanjima utvrđeno je da se ponajviše štete dogodi zbog zagrijavanja površine materijala pri doticaju s laserskom zrakom. Uzrok su tomu presnažni ili neprimjereni parametri lasera ili pojava snažnih valnih duljina koje uzrokuju mehanička oštećenja na materijalu. Osim toga, primijećene su pojave vezane uz diskoloraciju i koloraciju tretiranih površina. Uklanjanje nepoželjne nečistoće na površini umjetnine postupkom zračenja laserom zasniva se na razlici u apsorpciji laserskog zračenja od strane neželjenog sloja i osnovnog materijala umjetnine. Sloj nečistoće apsorbira lasersko zračenje te se na taj način odstranjuje, dok ga podloga tj. umjetnina ne apsorbira ili apsorbira, a sve ovisno o tome koje parametre laserski uređaj pruža te kako je rukovoditelj uređaja podesio parametre. Ovisno o parame-

u potpunosti prikladna i primjenjiva na opeci, a potkrijepljeni su detaljnim laboratorijskim proučavanjem površine nakon čišćenja, i to optičkim i elektronskim mikroskopom te rendgenskim snimkama.

66 S. Klein et alii, »Discoloration of marble during laser cleaning by Nd: YAG laser wavelengths«, *Applied Surface Science*, sv. 171, broj 3-4, 2001., pp. 242-251.

Gotički polukapitel prije i poslije laserskog čišćenja

trima lasera i osobinama materijala, debljina uklonjenog sloja može iznositi od nekoliko desetina nm do nekoliko μm. Tako se, primjerice, prilikom čišćenja kamena uz pogrešne parametre može ukloniti i »plemenita« žućkasta patina kamena, tj. sloj kalcijeva oksalata,[67] no i suprotno tomu, prouzročiti nepoželjno žućenje površina kamena (*eng. yellowing effect*) koje može biti posljedica laserskog impulsa, izazvano migriranjem onečišćenja iz skrame na očišćenu površinu, ili pak može biti prouzročeno *željezovim spojevima* koji se nalaze u strukturi kamena.[68] Istraživanjima je utvrđeno da se žućenje površine kamena može izbjeći ako se prilikom čišćenja koriste kombinacije valnih duljina.[69] Zbog svega navedenoga, prethodno primjeni laserske metode preporuča se koristiti uređaje s mogućnošću λ=1054, 532 nm, 355 nm te provoditi probna čišćenja različitim parametrima, a rezultate unutar ograničenih površina proučavati te ispitivati.

Laserska metoda čišćenja na zvoniku primijenjena je na mjestima gdje se nalaze jednostavno profilirane baze te ravne površine klesanaca zaključene reljefnim frizom s geometrijskim motivom u prizemlju, zatim na površini prvog kata, gdje se nalazi zid raščlanjen pilastrima s kapitelima oblikovanim lišćem gotičkih karakteristika s lukovima koji se međusobno sijeku na način da oblikuju šiljaste lukove, te na skulpturalnoj plastici, skulpturi vola, grbu i konzoli s prikazima dvaju dječaka grbonoša. Oni nose grb obitelji Ciprianis s prikazom lava, a djelo su Bonina iz Milana.[70] Skulptura vola dio je izvornog skulpturalnog programa zvonika.

---

67 D. Mudronja, *Umjetno stvoreni kalcijev oksalat u zaštiti površine kamenih spomenika kulturne baštine,* doktorska disertacija, Prirodoslovno-matematički fakultet, Zagreb 2012.

68 Fotakis et alii, op. cit. (bilj. 61), p. 272.

69 Th. Skoulikidis et alii, »Some remarks on Nd:YAG and excimer UV lasers for cleaning soiled sulfated monument surfaces«, 1st Int. Conf. on Lasers in the Conservation of Artworks, LACONA I 2004; V. Verges-Belmin; C. Dignard, »Laser yellowing: myth or reality?«, LACONA IV 2001*, Journal of Cultural Heritage* 4, 2003., p. 238.

70 Izvorno djelo nalazi se u lapidariju Arheološkog muzeja u Splitu (inv. br. S 178), a datira se u 1427. godinu.

Neočišćena i očišćena strana reljefa na grbu

Probe su izvedene na površinama kamena kombiniranjem nekoliko osnovnih parametara laserskog uređaja (frekvencija, snaga i promjer udarne točke). Kao što je već prethodno rečeno, uzrok izvođenju niza probnih čišćenja potencijalno su nepovoljni parametri lasera ili pojava snažnih valnih duljina koje uzrokuju mehanička oštećenja, grijanje i žućenje materijala. Uređaj kojim su se izvele probe i kasnije čišćenje laser je komercijalnog naziva Thunder Compact Quanta System. Tip je komercijalnih Nd:YAG lasera. Karakteristike ovog lasera jesu: λ=1054 i 532 nm; dužina impulsa 8 ns. Energija impulsa može se mijenjati do vrijednosti koja ovisi o valnoj duljini laserskog snopa do 1000 mJ (za λ=1054 nm) i do 550 mJ (λ=532 nm). Repeticija se može podesiti od 1 do 20 Hz. Laser radi u Q-switch režimu. Ovaj uređaj ima pokretnu ručicu kroz koju se uz pomoć sedam ogledala laserski snop zraka usmjerava na površinu uzorka ili umjetnine srodnu tipu ručice kakvu ima laser Michelangelo Quanta Sistem.

Na površinama kamena unutar šiljastih lukova prvog kata zvonika izveden je niz probnih čišćenja s repeticijom koja se može podesiti od 1 do 20 Hz, različitim mJ te λ=1054 i 532 nm. Energija impulsa mijenjala se ovisno o vrijednosti koja opet ovisi o valnoj duljini laserskog snopa (do 1000 mJ (za λ=1054 nm) i do 550 mJ (λ=532 nm).

Prilikom čišćenja evidentirano je da su 532 nm nedostatna za potpuno uklanjanje tamnih anorganskih onečišćenja neovisno o varijacijama repeticije i o energiji. Kod kombinacije od 10 Hz i 20 Hz, λ=1054 i različitim varijacijama mJ evidentirane su različite promjene na površini onečišćenja te na očišćenoj površini kamena, a predstavljeno je samo nekoliko proba, opažanja i zaključaka.

Unutar probne površine čišćene s parametrima 10 Hz, λ=1054 i 0,25 J, sloj tamno smećkasto crnog anorganskog onečišćenja stanjen je, no ne i uklonjen. Površina na kojoj se nalazilo onečišćenje malo je posvijetlila. Mikroskopskim proučavanjem površine utvrđeno je da je sloj onečišćenja zaostao na čitavoj površini, kao i deblji slojevi onečišćenja unutar utora klesarske obrade kamena. Kod probe

Faze čišćenja gotičkog polukapitela

Detalji arhitektonske plastike zvonika prije i poslije čišćenja

10 Hz, λ=1054 i 0,35 J sloj onečišćenja koji je bio vidljiv kod prethodne probe odstranjen je, no zaostala je veća količina debljih slojeva anorganskog onečišćenja u točkastim tragovima. Kod probe 10 Hz, λ=1054 i 0,45 dobivena je čista površina kamena, no uz točkaste tragove anorganskog onečišćenja. Na površini je ostao sačuvan sloj kalcijeva oksalata. Probe su izvedene na udaljenosti izlaza zrake iz optičke »ruke« do površine kamena u duljini od cca 15 cm.

Unutar probne površine čišćene s parametrima 20 Hz, λ=1054 i 0,25 J, sloj tamno smećkasto crnog anorganskog onečišćenja donekle je uklonjen, no i dalje je ostao vidljiv sloj onečišćenja. Mikroskopskim proučavanjem površine utvrđe-

no je da je tanki sloj onečišćenja zaostao na čitavoj površini, a deblji slojevi u tragovima tj. točkasto. Kod probe 20 Hz, λ=1054 i 0,35 J, sloj onečišćenja koji je bio vidljiv kod prethodne probe odstranjen je, no uočeno je žućenje površine (*yellowing effect*) te veća količina debljih slojeva anorganskog onečišćenja u točkastim tragovima. Kod probe 20 Hz, λ=1054 i 0,45 dobivena je čista površina kamena bez tragova anorganskog onečišćenja ili žućenja, s vidljivim slojem kalcijeva oksalata.[71]

Pogled na sjevernu stranu zvonika nakon konzervatorsko-restauratorskih radova u prizemlju i na prvom katu

Zbog dobrog rezultata prethodnih probnih čišćenja, posljednje navedeni parametri ponovljeni su, no s izmjenom udaljenosti laserske ruke od površine kamena. Unutar probne površine čišćene s parametrima 20 Hz, λ=1054 i 0,25 J, sloj tamno smećkasto crnog anorganskog onečišćenja vrlo slabo je uklonjen. Unutar površine vidljiva je intenzivnija žuta boja. Kod probe 20 Hz, λ=1054 i 0.35 J, sloj onečišćenja koji je bio vidljiv kod prethodne probe odstranjen je, no zaostali su točkasti tragovi. Kod probe 20 Hz, λ=1054 i 0,45, dobivena je čista površina kamena bez tragova anorganskog onečišćenja ili žućenja, s vidljivim slojem kalcijeva oksalata koji je uslijed laserskog čišćenja oštećen pa je mjestimice vidljiv i sloj bijelog kamena. Iz primjera posljednje probe može se zaključiti da ovisno o duljini izlazne zrake i površini kamena koju se tretira, mogu nastati površinska oštećenja oksalatnog sloja na kamenu što je nužno izbjegavati.

Tijekom probnog čišćenja najuspješnijom se pokazala kombinacija 20 Hz, λ=1054 i 0,45 J, s udaljenošću izlazne zrake od površine kamena u iznosu ne većem od 15 cm pa je prema tome odlučeno da je upravo ta kombinacija parametara ona koja se nakon probnih zahvata koristila prilikom konzervatorsko-restauratorskih zahvata na kamenoj plastici sjeverne strane prizemlja prvog kata zvonika katedrale sv. Dujma.

[71] D. Mudronja, op. cit. (bilj. 67).

THE BELL TOWER OF THE CATHEDRAL OF ST DOMNIUS IN SPLIT CONSERVATION-RESTORATION OPERATIONS ON THE NORTHERN SIDE

Summary

The bell tower of St Domnius was one of the biggest construction undertakings of the Middle Ages on the eastern shores of the Adriatic. The content of its build has not only a functional but also a profound symbolic value in the context of the history and standing of Split and Salona. Over the centuries, natural inclemencies have meant it needed ongoing care and repair. The radical renovation of the late 19th and early 20th century was one of the biggest operations of facsimile renovation, as well as of original construction. Through the 20th century, only small-scale repairs were recorded. At the beginning of the 21st, renovation operations were started again, this time with contemporary conservation-restoration methods.

The conservation-restoration operations presented in this work covered the ground floor and the first floor of the northern side of the campanile. Research into the condition as found included a preliminary visual survey, photographic documentation, the mapping of all kinds of damage and dirt and the positions at which material sampling was conducted. Laboratory assays and desalination procedures were conducted. All inorganic dirt was removed with the laser cleaning method: the simply moulded bases and the flat surfaces of ashlars concluding with a relief frieze including a geometrical motif in the ground floor and on the surface of the first floor, where there is a wall articulated with pilasters and capitals formed with foliage of Gothic characteristics, arches that intersect in such a way as to form pointed arches, and in the architectural decoration, the sculpture of the ox, crest and the console with depictions of two putti shield-bearers. Because in the laser cleansing procedure of cultural properties certain damage can be inflicted on some kinds of stone as a result of heat or the application of inappropriate parameters, prior to these operations, many pilot cleaning attempts were made. The results obtained from within limited surfaces were studied and tested. during the probe cleaning with diverse parameters various changes on the surface of the dirt were recorded as well as on the cleaned areas of stone: in some test surfaces inorganic dirt was thinned but not removed; some surfaces were made lighter, on some the effect of yellowing was observed, and in some places a large amount of pollutants remained in specks. On some surfaces a clean stone surface was obtained with its preserved layer of calcium oxalate; elsewhere with a damaged layer of oxalate. Pursuant to the results, the optimal parameters for laser cleansing of the stone that would not cause damage were set. It is recommended to carry out test procedures before addressing the laser cleaning of the stone because of the possible appearance of slight but still visible changes to the surfaces of and the structure of materials. In the process of laser cleaning, certain types of damage can take

place on some kinds of material, including certain kinds of stone (particularly marbles). Laboratory research established that change mostly takes place because of the heating of the surface of the material on contact with the laser beam, caused by too powerful or inappropriate laser parameters, or powerful wavelengths that bring about mechanical damage, resulting in the discolouration or colouration of the surfaces treated. Apart from that, during the cleaning of the stone with faulty parameters it is possible to remove the "noble« yellow patina of the stone, i.e., the layer of calcium oxalate, or bring about an unwanted yellowing effect on the stone surface. For all of this, in the application of the laser method, it is recommendable to use apparatus capable of λ=1054, 532 nm, 355 nm, and to conduct cleaning with different parameters that have been shown by laboratory experiments not to damage the material treated.

Keywords: bell tower; St Domnius' Cathedral; Split; conservation; restoration; laser cleaning

Detalj grede s južnog zida svetišta katedrale sv. Jakova u Šibeniku

Vinka Marinković
Split

POLIKROMIJA NA KAMENIM SKULPTURAMA I RELJEFIMA U DALMACIJI

UDK:730.034(497.58)
Rukopis primljen za tisak: 30. 4. 2021.
Klesarstvo i graditeljstvo, Pučišća, 2023., br. 1-2
Stručni rad
Professional paper

U radu se na nekoliko primjera renesansnih kamenih reljefa i skulptura iz Dalmacije razmatra postojanje polikromije i pozlate kao izvornog sloja. Svi podaci sakupljeni su tijekom konzervatorsko-restauratorskih zahvata u posljednjem desetljeću, a dodatno su popraćeni analitičkim analizama. Predstavljene umjetnine izrađene su od domaćeg organogenog vapnenca, vrlo vjerojatno vađenog u kamenolomima otoka Brača, Korčule i Segeta.

Ključne riječi: obojena kamena skulptura; Šibenik; Dubrovnik; Nikola Firentinac; Bonino da Milano; pigment; pozlata; XRF

Kameni reljefi i skulpture tijekom svih povijesnih razdoblja vrlo često bili su izvorno bojeni i pozlaćeni. Navedena činjenica već je odavno poznata i zabilježena,[1] međutim znanstvena pažnja na nju intenzivno je usmjerena tek u posljednjem desetljeću. Na svjetskoj razini vrlo važno je spomenuti projekt danske gliptoteke »Tracking Colour-Polychromy of the ancient world« koji je rezultirao brojnim publikacijama i znanstvenim radovima, temeljenim na analitičkim istraživanjima boje na antičkoj skulpturi.[2] U Hrvatskoj se tek nekoliciana autora koncentrirano i ciljano pozabavila navedenom tematikom, iznoseći pojedinačne podatke o zatečenoj boji na antičkoj i srednjovjekovnoj skulpturi, uglavnom na primjercima u Dalmaciji.[3] Sudeći po publiciranim podacima, ali i informacijama sakupljenim

[1] U starim traktatima nalaze se recepture i upute za pripremu kamena i njegovo bojenje; v. C. Cennini, *Knjiga o umjetnosti: Il libro dell arte*, preveli Katarina Hraste i Jurica Matijević, Zagreb 2007.

[2] https://www.trackingcolour.com/bibliography, pristup ostvaren 25. 4. 2021.

[3] J. Belamarić, »Tracking Colour: The polychrome stone sculpture of 13th century in Trogir and Split«, *Polychrome Steinskulptur des 13. Jahrhunderts,* Danzl, Thomas; Herm, Christoph und Huhn, Annemarie, *Gorlitz und Zittau: Verlag Gunter Oettel*, 2012., str. 21-30; M. Miliša, I. Ljubenkov, »Analiza izvorne polikromije s ciborija prokonzula Grgura iz Arheološkog muzeja Zadar«, *Diadora*, broj 33-34, Zadar 2020., str. 585-619; V. Kovačić, »Renesansna obojena skulptura u Dalmaciji – *In marmore sculptum variis coloribus depictum*«, *Klesarstvo i graditeljstvo,* God. XXV, broj 1-2, Pučišća, prosinac 2020., str. 51-66; S. Šustić, V. Marinković, J.

tijekom višegodišnjeg konzervatorsko-restauratorskog rada na terenu,[4] ostaci boje i pozlate na kamenim skulpturama i reljefima u Dalmaciji pozamašni su. Unatoč navedenom, još uvijek ne postoji sveobuhvatni katalog takvih spomenika, te nije utvrđena precizna metodologija njihova istraživanja, dokumentiranja i konzerviranja. Formiranje kataloga (baze) polikromiranih kamenih spomenika u Dalmaciji pridonijelo bi u daljnjem interpretiranju umjetnina te pomoglo u utvrđivanju datacije i izvornosti bojenih slojeva.[5]

U nastavku se donosi nekoliko zanimljivih primjera kamene skulpture i reljefa u Dalmaciji, na kojima je tijekom relativno recentnih konzervatorsko-restauratorskih radova evidentirana boja i/ili pozlata. Slojevi polikromije i pozlate analitički su istraženi u kontekstu radova i mogućnosti projekta. Dobivene informacije nisu dovoljne za ozbiljno istraživanje o metodologiji bojenja renesansnih skulptura u Dalmaciji, ali na temelju njih moguće je formirati skromne zaključke o mogućim fazama bojenja iznesenih umjetnina.

Tijekom 2012. godine započeta su konzervatorsko-restauratorska istraživanja unutar katedrale sv. Jakova u Šibeniku.[6] Kao zona obuhvata određeno je čitavo unutrašnje oplošje svetišta. Na temelju provedenih istraživanja donesene su smjernice za cjelokupnu obnovu unutrašnjeg kamenog oplošja katedrale koja i danas kontinuirano traje, ali je pri samom završetku.[7] Osim preciznog utvrđivanja konzervatorsko-restauratorske metodologije i smjernica, tada je prvi put pobliže evidentirana boja na određenim zonama prezbiterija. Naime, tijekom istražnih i sondažnih radova čišćenja kamena, pod debelim slojem višestoljetne čađe, utvrđeno je postojanje pozlaćenih i bojanih slojeva na više zona: posvetni križevi apside, grb mletačkog kneza Girolama Pesara u trijumfalnom luku apside i tri poprečne grede južnog pregradnog zida prezbiterija u zoni svetohraništa. Boja na posvetnim križevima i grbovima bila je i očekivana, prema heraldičkim pravilima, a nosi određeno značenje, semantiku i simboliku. Klesani u kamenu, posvetni križevi gotovo uvijek su dodatno naglašeni i ukrašeni bojom i/ili pozlatom.[8] Uglavnom

Balić, M. Zohil, V. Lipanović, E. Bonomi, »Gilding on a 15th century stone relief from Dubrovnik: technical study vs. Cennini's recipe«, *Ge-Conservacion*, broj 18, str. 298-306, https://doi.org/10.37558/gec.v18i1.856.

4 U nastavku donosim primjere obojene kamene skulpture i reljefa na kojima sam osobno radila kao konzervator-restaurator u Hrvatskom restauratorskom zavodu.

5 Potrebno je napomenuti da je izvornost bojenog sloja na kamenim umjetninama teško utvrditi. Kameni reljefi i skulpture često su bili izloženi atmosferskim vanjskim uvjetima i agresivnom čišćenju (preklesavanju), što je dovelo do potpunog gubljenja izvornog bojenog sloja te do ponovnog bojenja u kasnijim periodima.

6 Probni radovi i istraživanja započeti su prema programu zaštite kulturnog dobra i ugovora 16-780-12, s Ministarstvom kulture RH i Hrvatskim restauratorskim zavodom. Voditelj programa bila je V. Marinković.

7 Od 2012. godine obnova šibenske katedrale kontinuirano traje pod stručnim vodstvom Hrvatskog restauratorskog zavoda. U potpunosti je obnovljeno unutrašnje kameno oplošje centralne apside i svetišta, južne apside te sjevernog i južnog broda. Parcijalno i prema potrebi obavljaju se radovi i na vanjskom oplošju. Voditelj radova je Marin Barišić.

8 Posvetni križevi u skromnijim varijantama mogu biti naglašeni obojenom žbukom ili grafitom.

Grb mletačkoga kneza G. Pesara u apsidi katedrale sv. Jakova u Šibeniku (Arhiv Hrvatskog restauratorskog zavoda)

Posvetni križ u crkvi Gospe od Prizidnice, stanje nakon konzervatorsko-restauratorskog zahvata (Arhiv Hrvatskog restauratorskog zavoda)

Posvetni križ u katedrali sv. Jakova u Šibeniku, stanje prije radova (Arhiv Hrvatskog restauratorskog zavoda)

Posvetni križ u katedrali sv. Jakova u Šibeniku, stanje nakon radova (Arhiv Hrvatskog restauratorskog zavoda)

se javljaju boje poput okera, crvene i plave. Oker-žuta je ponekad, u raskošnijim i bogatijim crkvama, zamijenjena pozlatom. Ovakva varijacija boja na posvetnim križevima (žuto-plavo-crveno) nedavno je pronađena u crkvi Gospe od Prizidnice u Slatinama, što u ovoj prilici objavljujemo.[9] Posvetni križevi šibenske katedrale raskošno su izrađeni u kamenu: križ je upisan u kružnicu u obliku vijenca koji je bogato dekoriran stiliziranim lišćem. Njihovim vizualnim pregledom ustanovljeno je da je reljefna površina križa i vijenca polikromirana oker pigmentom, dok je glatka površina između reljefno ispupčenih elemenata obojena crvenom bojom.

[9] Radove je obavljao Hrvatski restauratorski zavod, pod stručnim voditeljstvom Mate Roščića.

Polihromirani grb šibenskog biskupa Ivana I. Stafilea (1512.-1528.) na sjevernom pregradnom zidu glavne apside šibenske katedrale (Arhiv Hrvatskog restauratorskog zavoda)

Tijekom restauratorskih radova, na crvenoj su podlozi evidentirani tragovi mramorizacije izvedene pomoću bijele boje. Dodatnim pregledom pod povećanjem utvrđeno je da sloj nije izvoran, već da se ispod spomenutih slojeva nalazi stariji, ali znatno lošije sačuvan sloj crvene boje podloge i pozlate na križu, i po rubu.

Koloristička situacija na južnom pregradnom zidu apside nešto je drugačija. Kao što je već spomenuto, tri poprečne grede zida bogato su reljefno ukrašene, a na njima su uočeni ostaci pozlate i pigmenta. U ovom slučaju najinteresantnija je i likovno najkompleksnija gornja greda čija se izrada pripisuje Nikoli Firentincu.[10] Greda je ukrašena motivima anđeoskih glava s girlandom koji se jasno izdvajaju od glatke pozadine. Dvije glave na rubovima grede prikazane su u plitkom reljefu, dok je treća glava smještena centralno i izrađena u nešto dubljem reljefu. Vizualnom analizom utvrđeno je da su svi istureni dijelovi reljefa pozlaćeni (krila i kosa anđela, girlande, zupci, ostala dekorativna ornamentika), dok su lica anđela obojana modrocrnom bojom. Pozadina je zatečena bez tragova boje i pozlate. Slična koloristička kombinacija javlja se i na preostale dvije grede – izbačeni reljefi su pozlaćeni, a podloga obojena modrocrnim pigmentom. Grede su zatečene u puno lošijem stanju i premazane dodatnim slojevima recentne boje i umjetne pozlate. Analitičkim istraživanjima (XRF) uzoraka pozlate s Firentinčeve grede detektirani su elementi Pb, Fe (Au, Ca, Sn, Fe, Cu, Sr), što se može protumačiti kao prisustvo olovnobijele, željeznog oksida i pozlate (legura zlato-bakar-kositar). Analiza modrocrnog pigmenta pokazala je postojanje sljedećih elemenata: Cu, Hg, Pb, Ca (Fe, Cl), što određuje pigmente kao azurit, crni bakreni oksid, olovnu bijelu i cinober.[11] Analitička istraživanja provedena u datom momentu bila su nedovoljna za formiranje daljnjih zaključaka o samoj metodologiji polikromiranja i pozlaćivanja reljefa te pripreme podloge. Međutim, pažljivim vizualnim pregledom reljefa uočeno je da pozlata na nekoliko

[10] P. Marković, *Katedrala sv. Jakova u Šibeniku: prvih 105 godina*, Zagreb 2010., str. 353, 357.

[11] Laboratorijsko izvješće br. 10/2013, Prirodoslovni laboratorij Hrvatskog restauratorskog zavoda, Zagreb 2013.

Južni pregradni zid središnje apside svetišta katedrale sv. Jakova u Šibeniku,
stanje tijekom konzervatorsko-restauratorskih radova
(Arhiv Hrvatskog restauratorskog zavoda)

Detalj grede s južnog zida svetišta katedrale sv. Jakova u Šibeniku, stanje nakon konzervatorsko-restauratorskih radova (Arhiv Hrvatskog restauratorskog zavoda)

Detalj središnje grede s južnog zida svetišta katedrale sv. Jakova u Šibeniku, stanje tijekom konzervatorsko-restauratorskih radova (Arhiv Hrvatskog restauratorskog zavoda)

zona neuredno i obilno prelazi preko novijih mehaničkih oštećenja kamena, što apsolutno negira izvornost sloja.

Na temelju sakupljenih podataka može se zaključiti da su svi reljefi u šibenskoj katedrali prebojeni i pozlaćeni u novijim restauracijama i intervencijama. Prema stratigrafiji slojeva posvetnih križeva vidljivo je da su oni obnovljeni po već postojećem koloristićkom predlošku. Višeslojnost nije dokazana na gredi Ni-

Triptih s reljefom Bogorodice s Djetetom i arkanđelima iz franjevačkog samostana na Hvaru (Arhiv Hrvatskog restauratorskog zavoda)

kole Firentinca, no vrlo je izgledno da su i u ovom slučaju intervencije slijedile trag starijeg ili pak izvornog predloška bojenja.[12] Tragovi boje na velikom broju reljefa i skulptura Nikole Firentinca sugeriraju da su umjetnik odnosno njegova radionica imali praksu bojenja skulptura.[13] Potrebno je spomenuti da tragovi pigmenta i pozlaćivanja nisu pronađeni na reljefu Boga Oca na zaglavnom kamenu apside, koji je također rad Nikole Firentinca.

U radionici Hrvatskog restauratorskog zavoda Odjela u Splitu, u razdoblju 2010. – 2015. godine, parcijalno je po kompozicijama konzerviran-restauriran kameni triptih s prikazom Bogorodice s Djetetom i arkanđelima Gabrijelom i Mihaelom. Triptih je pripisan Nikoli Firentincu, a izvorno je stajao u luneti franjevačke crkve u Hvaru.[14] Tijekom zahvata na lijevoj reljefnoj kompoziciji (Mihael) i središnjoj reljefnoj kompoziciji (Bogorodica s Djetetom) evidentirani su izrazito skromni ostaci polikromije, zatečeni duboko u utorima reljefa. Desna kompozicija (Gabrijel) bila je toliko oštećena da na njoj nisu evidentirani tragovi pigmenta. Na liku arkanđela Mihaela evidentirani su tragovi bojenja kose (smeđa), plašta (oker) i halje (crveno). Analize pigmenta (XRF) s područja haljine pokazale su da se radi

[12] Premda je utvrđeno da je riječ o novijem sloju, prilikom konzervatorsko-restauratorskih radova on je vrednovan na način da je očišćen i prezentiran.

[13] V. Kovačić, »Renesansna obojena skulptura u Dalmaciji – *In marmore sculptum variis coloribus depictum*«, *Klesarstvo i graditeljstvo,* God. XXV, broj 1-2,Pučišća, prosinac 2020., str. 60-63.

[14] D. Domančić, »Reljef Nikole Firentinca u Hvaru«, *Prilozi povijesti umjetnosti u Dalmaciji*, Vol. 12, broj 1, Split 1960., str. 172-179.

Arkanđeo Mihael, dio triptiha iz franjevačkog samostana na Hvaru (Arhiv Hrvatskog restauratorskog zavoda)

Bogorodica s Djetetom, dio triptiha iz franjevačkog samostana na Hvaru (Arhiv Hrvatskog restauratorskog zavoda)

o miniju, dok je plašt bojen žutim okerom, a oba uzorka sadržavala su olovnobijelu.[15] Na Bogorodici su sačuvani skromni tragovi bojenja inkarnata (svijetli oker), haljine (crveno), plašta (plavozeleno) i rukava desne lijeve ruke (plavocrno). Analitičke analize pigmenata (XRF) detektirale su sljedeće elemente na inkarnatu Bogorodice: Ca, Pb (S, K, Mn, Fe, Co, Au), što određuju pigmente kao olovnu bijelu i željezni oksid. Na plaštu su detektirani elementi Ca, Fe, Pb (Ti, Mn, Cu, ZN), što određuju pigmente kao olovnu bijelu, željezni oksid i organska crnu.[16] Izvornost bojenih slojeva teško je potvrditi, međutim činjenica da je pigment sačuvan samo duboko u utorima indikativna je i ukazuje na to da se radi o starim slojevima koji su tijekom vremena u potpunosti nestali. U daljnjim istraživanjima bilo bi potrebno usporediti pigmente s ostalih Firentinčevih reljefa i pronaći moguću poveznicu između korištene palete pigmenata i tonova.

U radionici Hrvatskog restauratorskog zavoda Odjela u Splitu restaurirane su dvije kamene umjetnine koje pripadaju talijanskom kiparu i arhitektu Boninu iz Milana. Riječ je o reljefu sv. Nikole s pročelja crkve sv. Barbare u Šibeniku te o kamenoj propovjedaonici iz crkve sv. Dominika u Dubrovniku. Zanimljiva je činjenica da su na obje umjetnine pronađeni pozamašni slojevi polikromije. Re-

[15] Laboratorijsko izvješće (Hvar, Franjevački samostan), Prirodoslovni laboratorij Hrvatskog restauratorskog zavoda, Zagreb 2010.

[16] Laboratorijsko izvješće br. 246/2015, Prirodoslovni laboratorij Hrvatskog restauratorskog zavoda, Zagreb 2015.

Skulptura sv. Nikole, crkva sv. Barbare, Šibenik, stanje prije zahvata (Arhiv Hrvatskog restauratorskog zavoda)

Skulptura sv. Nikole, crkva sv. Barbare, Šibenik, stanje nakon zahvata (Arhiv Hrvatskog restauratorskog zavoda)

ljef sv. Nikole smješten je u luneti iznad portala crkve sv. Barbare, a zatečen je u potpunosti onečišćen ptičjim izmetom i debelim slojem crnih naslaga i prljavštine. Tijekom restauratorskog čišćenja utvrđeno je da je u cijelosti obojen. Paleta korištenih tonova je skromna, međutim boja je gotovo na cijeloj površini sačuvana. Lice sveca obojeno je svijetlim okerom koji je transparentno nanesen na kamen. Kosa, obrve i brada obojeni su tamnosmeđom, dok je haljina polikromirana jarkocrvenom. Križevi na odjeći istaknuti su u reljefu, ali na njima nisu pronađeni tragovi pozlate. Aureola je prebojena zagasitim smeđim tonom, sličnim onom na kosi. Ni na aureoli nisu evidentirani tragovi pozlate. Svi slojevi boje kompaktni su, tanki, ali stabilno i čvrsto vezani uz površinu. Pregledom pod povećanjem nisu utvrđeni slojevi preparacije, već je pretpostavljeno da je boja nanesena direktno na kamen. Analitički je analiziran crveni pigment s područja halje sveca te je utvrđeno da je riječ o pigmentu na bazi željeza (venecijansko crvena). Analize su ukazale da je kao vezivo korišten kazein.[17] Zanimljiv je podatak da skulpturi

[17] Izvršeno je preklapanje FTIR-spektra uzoraka pigmenta s referentnim uzorcima crvene boje. Vezivo je određeno HPLC-tehnikom analizom sastava aminokiselina. Usporedbom kromatograma standardnih veziva i kromatograma uzorka, zaključeno je da se radi o kazeinu. Izvještaj o ispitivanju uzoraka sa skulpture sv. Nikole, Laboratorij za konzervatorska istraživanja,Umjetnička Akademija sveučilišta u Splitu, Split 2014.

Kamena propovjedaonica, crkva sv. Dominika, Dubrovnik, stanje nakon zahvata (Arhiv Hrvatskog restauratorskog zavoda)

nedostaju obje ruke, a da su na mehaničkim oštećenjima zamijećeni obilni tragovi boje vrlo slični onima na halji sveca. Ova situacija, isto kao u slučaju reljefa s anđelima na južnom pregradnom zidu šibenske katedrale, baca sumnju na izvornost sloja. Međutim, zbog promjene boje koloriranog sloja, ovu bi tvrdnju trebalo dodatno provjeriti analitičkim metodama.

Kamena propovjedaonica iz crkve sv. Dominika u Dubrovniku sastoji se od kamene ograde s reljefima svetaca, raskošnog kamenog kapitela i nosivog stupa.

Kamena propovjedaonica, crkva sv. Dominika, Dubrovnik (detalj ograde), stanje nakon zahvata (Arhiv Hrvatskog restauratorskog zavoda)

Ograda propovjedaonice sadrži reljefne prikaze svetaca: sv. Margareta Ugarska, sv. Vinko Fererski, sv. Toma Akvinski i sv. Petar Mučenik. Na reljefima ograde evidentirani su slojevi boje i pozlate, a na kapitelu i stupu akcenti pozlate. Propovjedaonica je u cijelosti restaurirana u periodu 2014. – 2017. godine, te je prilikom radova naglasak bio na statičkoj sanaciji pukotina i na čišćenju polikromije. Na reljefima su pronađena tri sloja preslika, a višeslojnost je bila najzastupljenija na licu svetaca. Tretman polikromije bio je usredotočen na uklanjanje preslika do prvog, najstarijeg sloja. Tijekom radova zaključeno je da je najstariji sloj, vjerojatno onaj izvorni, naslikan direktno na kamenu, bez postavljanja preparacije. Pozlata u listićima nanošena je na bolus koji je također postavljen direktno na kamen bez prethodne izolacije površine i preparacije. Analitička istraživanja uzoraka (XRF) dokazala su sljedeće elemente na zonama inkarnata svetaca: As, Pb, Zn, Fe, Ca, Hg, Mn, K, što ukazuje na moguće korištenje sljedećih pigmenata: realgara, olovnobijele, azurita/malahita, umbre i okera.[18]

Prilikom analize bojenih kamenih umjetnina treba biti pažljiv u tumačenju izvornosti polikromije. Višeslojnost slojeva boje na gore iznesenim primjercima pokazuje da je postojala određena praksa »osvježavanja« umjetnina. Provedena analitička istraživanja nisu dovoljna za formiranje ozbiljnijih zaključaka o data-

[18] S. Šustić, V. Marinković, J. Balić, M. Zohil, V. Lipanović, E. Bonomi, »Gilding on a 15th century stone relief from Dubrovnik: technical study vs. Cennini's recipe«, *Ge-Conservacion*, broj *18*, str. 300, tabela 1. https://doi.org/10.37558/gec.v18i1.856.

ciji, niti o metodologiji pripreme podloge, boje i pozlate. Većina istraženih uzoraka sadrži olovnobijeli pigment. Njegova je funkcija bila pridonijeti pokrivnosti, ali možda je imala i određenu funkciju pripreme podloge. Nadalje, u pojedinim istraženim primjercima nije pronađena priprema podloge koja se spominje u renesansnim recepturama.[19] Navedeno ukazuje na neiskustvo autora, što je mogući ukazatelj neizvornosti sloja. Afirmirani umjetnici poput Nikole Firentica i Bonina iz Milana i njihove radionice zasigurno su poznavali navedenu praksu. Odsustvo pripreme podloge već je zamijećeno i na pojedinim umjetninama u Italiji, a neki istraživači tvde da je riječ o utjecaju venecijanske prakse.[20]

U budućnosti naglasak valja staviti na formiranje kataloga polikromiranih umjetnina popraćenog s opsežnijim analitičkim istraživanjima. U istraživanja treba uključiti veći broj istih pigmenata s jedne umjetnine, a naglasak ujedno staviti i na istraživanje slojeva i veziva.

[19] C. Cennini, *Knjiga o umjetnosti: Il libro dell arte*, preveli Katarina Hraste i Jurica Matijević, Zagreb 2007.

[20] L. Castelnuovo-Tedesco, J. Soultanian, with contributions by Richard Y. Tayar, *Italian Medieval Sculpture in The Metropolitan Museum of Art and The Cloisters,* New York 2010., str. 230.

POLYCHROMY ON STONE SCULPTURES AND RELIEFS IN DALMATIA

Summary

This paper considers the existence of an original layer of polychromy and gilding on several examples of Renaissance stone reliefs and sculptures in Dalmatia. At issue are reliefs in the interior of St James' Cathedral in Šibenik, a triptych from the Franciscan monastery on Hvar, the sculpture of St Nicholas from the façade of St Barbara's in Šibenik and the stone pulpit from the Church of St Dominic in Dubrovnik. Most of the works are connected with the activities of Niccolo di Giovanni Fiorentino or Bonino da Milano. All the works mentioned are made of organogenic limestone, probably extracted from the quarries of Brač, Korčula and Seget. In the last decade, the artworks have been investigated and treated in conservation-restoration terms by experts of the Croatian Conservation Institute. Conservation-restoration treatment was premised on the retention of the layers of colour as found and their presentation in the context of the valorisation carried out. Information obtained during the research and the conservation-restoration operations is crucial to further study and interpretation of the artworks in an art-historical sense, as well as from the point of view of artisanal and technological treatment.

Keywords: painted stone sculpture; Šibenik; Dubrovnik; Niccolo di Giovanni; Bonino da Milano; pigment; gilding; XRF

Pročelje crkve Gospe od Batka

Malik Palčok
Frane Prižmić
Split

KONZERVATORSKO-RESTAURATORSKI RADOVI NA OLTARU CRKVE GOSPE OD BATKA U PUČIŠĆIMA NA OTOKU BRAČU

UDK: 726.591.025.3/.4(497.583Pučišća)
Rukopis primljen za tisak 20. 5. 2021.
Klesarstvo i graditeljstvo, Pučišća, 2023., broj 1-2
Stručni rad
Professional paper

Ovaj rad opisuje proces restauratorsko-konzervatorskog zahvata na kamenom oltaru u crkvi Uznesenja Blažene Djevice Marije (Gospa od Batka) u Pučišćima na otoku Braču. Sanacijski radovi trajali su tijekom 2018. godine i uključivali su čišćenje, desalinizaciju i rekonstrukciju kamenih elemenata oltara.

Ključne riječi: Crkva Gospe od Batka; Pučišća; otok Brač; kameni oltar; renesansa; konzervacija-restauracija

UVOD

Na sjevernoj strani uvale Pučišća na otoku Braču nalazi se crkva Uznesenja Blažene Djevice Marije. Ova crkva u literaturi starijeg datuma spominje se kao Gospa od Batka, iako je lokalni naziv predjela Botak, što dolazi od osnove Bôta odnosno Volta.[1]

Kako navodi u svom izvješću župnik i povjesničar don Andrija Ciccarelli (1759. – 1823.), plemeniti i pobožni mještanin Ciprijan Žuvetić, sin Ivana, sagradio je 1467. godine prvu obrambenu kulu u Pučiškom docu od ukupno njih 13 u mjestu, a zatim na višem dijelu Botka 1482. godine i crkvu.[2] Ova renesansna jednobrodna kapela s četvrtastom apsidom izvrstan je primjer umijeća gradnje domaćih majstora. Zidana je masivnim izduženim pravilno obrađenim kamenim klesancima. Prema natpisu na portalu, crkvu je 1533. g. posvetio šibenski biskup Ivan Lučić. Natpis klasičnom rimskom kapitalom na nadvratniku složen je u tri reda, a spušta se i po gornjem dijelu dovratnika. Na pročelju crkve dvije su klupice

[1] P. Šimunović, »Toponimija otoka Brača«, *Brački zbornik* 10, Supetar 1972., str. 182.
[2] V. Kovačić, »Renesansne kule u Pučišćima na otoku Braču«, *Klesarstvo i graditeljstvo*, XXI, broj 1-2, Pučišća 2010., str. 51.

na pažljivo isklesanim konzolama s volutama.[3] Iznad portala na zabatu nalazi se središnji okulus.

Crkva ima i zvonik s preslicom, fino profiliranom i ukrašenom florealnim motivima u uglovima i po rubovima preslice te cvjetnim trolistom na samom vrhu. Preslica ima dvostruki otvor za zvona, na jednom je zvonu grb s prikazom psa u trku s ljiljanom na lijevoj strani te latinski natpis *Santinvs / de · regis / mediolanne / si · f · opvs.* iz 1575. godine. Unutrašnjost broda i apside bačvasto je nadsvođena, a profilirani trijumfalni luk uokviruje svetište. Na prednjem licu oltara uklesan je križ jednakih krakova s trolisnim završetkom, a na njemu je reljefna pala koja po kompoziciji izgleda poput pročelja antičkog hrama. U donjem je dijelu reljefni poliptih s pet kipova u nišama, raščlanjen kaneliranim stupićima, iznad kojeg je zabat, a sam vrh s obje strane krasi lovorov vijenac. U središnjem polju oltara prikaz je Bogorodice s Djetetom u naručju koja sjedi na prijestolju, a na pobočnim poljima prikazani su sveci značajni za Pučišća, s desne strane sv. Nikola i sv. Antun Opat, a s lijeve sv. Ciprijan, zaštitnik pokrovitelja Žuvetića i sv. Stjepan Prvomučenik. Posred zabata prikaz je Krista Suca u slavi s anđelom u molitvenom položaju sa svake strane.[4] Kiparska modelacija likova isprva djeluje kruto i statično, no obratimo li pozornost na detalje, odmah uočavamo da je riječ o vrhunskoj klesarskoj izvedbi koja ima sve značajke renesansnog izričaja u Dalmaciji. Vrlo vješto izvedena draperija s finim detaljima, glave s pomno izrađenim frizurama te prikaz svetačkih atributa u njihovim rukama svjedoče nam o iznimnim oblikovnim sposobnostima i trudu majstora koji nesumnjivo ovom djelu daje svoj osobni pečat.[5]

Tolika posvećenost izradi ikonografski bogatog reljefa možda je zbog činjenice da je Nikola Radojković, kojemu se pripisuje izrada oltara, lokalni majstor, a i sahranjen je u navedenoj crkvi. To znamo zbog njegove, također, iznimno vješto isklesane te stilski i simbolički zanimljive nadgrobne ploče koja se nalazi u podu crkve za koju se predpostavlja da ju je sam izradio. Na njoj je u gornjem dijelu na stiliziranom kamenom svitku jasno čitljivom kapitalom uklesano ime i prezime majstora i godina 1524., a u donjem dijelu reljef koji na grbu u obliku štita naturalistički prikazuje dvije ruke s čekićem i dlijetom, simbolima klesarskog zanata, koje kao da klešu taj prostrano razvedeni štit. S gornje je strane lik lava koji šapama čvrsto s obje strane drži štit ukrašen lentama, a u dnu grba prikaz je glave anđela kerubina s krilima. Zanimljiv je i podatak da je Nikola Radojković bio suvremenik i suradnik poznatog klesarskog majstora Andrije Alešija.[6]

U crkvi je još nekoliko nadgrobnih ploča, od kojih svakako treba istaknuti onu samog pokrovitelja Ciprijana Žuvetića koji je pokopan ispred oltara i s natpisom

[3] R. Bužančić, »Župna crkva sv. Jeronima u Pučišćima na Braču«, *Spomenica župe sv. Jeronima Pučišća*, Pučišća 2016., str. 280.

[4] V. Kovačić, »Sakralni spomenici Pučišća«, *Spomenica župe sv. Jeronima Pučišća*, Pučišća 2016., str. 293-298.

[5] K. Prijatelj, »Novi vijek«, *Brački zbornik* 4, Supetar 1960., str. 174-176.

[6] M. Pelc, *Renesansa*, Zagreb 2007., str. 299-300.

Zatečeno stanje oltara

na latinskom jeziku na kojem piše da tu mirno počivaju kosti odličnog građanina čija duša s blaženima Boga časti. Osim Radojkovićeve i Žuvetićeve, tu je još i grobnica Ciprijanova sina Jurja iz 1524. godine, te obiteljske grobnice Nikole Aquile iz 1524. godine i Vice Bokanića iz 1546. godine. Iako je Ciprijan Žuvetić, plemić koji o vlastitom trošku financira gradnju, crkvu zamislio prvenstveno kao obiteljsku grobnu kapelu, o čemu svjedoče i podaci iz njegove oporuke u kojoj je naloženo da se osim njegovih nitko drugi u crkvi ne smije pokapati, njegovi su nasljednici dopustili gradnju grobova obiteljima koje su ili na crkvi radile ili joj darovale zemlju. Žuvetić također 1501. daruje crkvi komad zemlje u Pučiškom docu kao nadarbinu za izdržavanje svećenika kako bi zahvaljujući tim darovima osigurao u crkvi stalnog upravitelja, a crkva postaje sjedište kapelanije Pučišća. Obitelj Žuvetić zadržala je pravo nad njom kao *Jus Patronatus*.[7] Crkva Uznesenja Blažene Djevice Marije na Bôtku od izgradnje do danas ima status posebnog pučiškog svetišta gdje se slave svi veći crkveni blagdani, također ima i sve potrebne liturgijske predmete. Lik Majke Božje blagog izraza lica s djetetom Isusom u rukama neprestano je privlačio kako mještane tako i putnike namjernike i bio im utjeha u njihovim svakodnevnim životnim teškoćama. Vjernici su hodočastili Gospi u bolesti ili velikoj nevolji o čemu svjedoče mnogi zavjetni darovi. Jedan

[7] J. Vrandečić, »Povijest župe Pučišća«, *Spomenica župe sv. Jeronima Pučišća*, Pučišća 2016., str. 27-32.

od znakova duboke pobožnosti, očuvanja tradicije i pokazatelja važnosti kulta Majke Božje jest običaj krunjenja i oblačenja kipa u svečano ruho koje se mijenjalo od blagdana do blagdana. Ovaj običaj kod pobožnog pučanstva Pučišća traje do danas.[8]

ZATEČENO STANJE

Prilikom izlaska na teren, restauratori tvrtke Kor d.o.o. iz Splita vrlo detaljnim i pažljivim pregledom proučili su stanje u kojem se trenutno nalazi umjetnina, pritom obavivši detaljno fotodokumentiranje, koje je rađeno tijekom cijelog restauratorsko-konzervatorskog postupka. Vizualnim pregledom odmah su utvrđena znatno veća strukturalna oštećenja nego se prvotno pretpostavljalo. Na glavnom su oltaru uočena oštećenja nastala utjecajem migracije vlage i kristalizacije štetnih topljivih soli koje pogubno djeluju na vapnenac te uzrokuju ljuskanje i dezintegraciju materijala.

Oštećenje na arhitravu zabata

Intenzivna kristalizacija i osipanje kamena najizraženiji su na reljefu i zabatu, osobito su ugroženi kip sv. Antuna, lik Krista i desni anđeo. Prisutna su i znatna mehanička oštećenja na cijeloj površini oltara, a posebno treba istaknuti lomove na vratu Bogorodice kao i na njezinoj lijevoj ruci, zatim lomovi na donjim dijelovima kipova sv. Nikole i sv. Stjepana kao i čitav niz sitnih oštećenja. Arhitrav je toliko dotrajao da je zbog njegova dvostrukog poprečnog loma te nepotpune čitljivosti profilacije prouzročene osipanjem, došlo do statičke ugroze koja bi

[8] I. Eterović, »Štovanje Blažene Djevice Marije u Pučišćima«, *Spomenica župe sv. Jeronima Pučišća*, Pučišća 2016., str. 331-336.

Prikaz strukturalnih oštećenja na kamenoj plastici

Skulptura sv. Antuna Opata nakon otklanjanja prijašnje neadekvatne rekonstrukcije

mogla izazvati veću štetu bez pravovremene i odgovarajuće sanacije. Zbog toga je uz suglasnost nadležnog Konzervatorskog odjela iz Splita odlučeno da se arhitrav u potpunosti zamijeni novim tradicionalno obrađenim kamenom, ubranim u lokalnom kamenolomu.[9] Osim oštećenja prouzročenih vlagom i kristalizacijom soli, uočeni su tragovi prijašnjih intervencija na oltaru, kao i čitav niz onečišćenja od čađe, voska te uljnih i vapnenih premaza. Prijašnji rekonstrukcijski zahvati nadopune nedostajućih dijelova izvedeni su laički, nemajući stvarnu predodžbu o nekadašnjem originalnom izgledu. Isto tako, rekonstrukcije su napravljene od neadekvatnih materijala kao što su gips i portland cement koji sadrži štetne topljive soli, natrijev karbonat i hidrokarbonat. Zbog sive boje cementa, rekonstrukcije njime nisu na kamenu ni estetski prihvatljive.

Uslijed otkrivanja znatnih strukturalnih i inih oštećenja prouzročenih navedenim čimbenicima, odustalo se od inicijalne zamisli da se cjelokupan restauratorsko-konzervatorski zahvat obavi *in situ*, nego je, u interesu umjetničkog djela, donesena odluka o demontaži dijela oltara i odgovarajućem tretmanu u restauratorskoj radionici. Istražni radovi uključivali su i dijagnostička laboratorijska ispitivanja kojima je utvrđena i prisutnost topljivih soli u koncentracijama štetnima

[9] Nadležni konzervator bila je dr. sc. Vanja Kovačić.

za kamen, uglavnom klorida i u nešto manjoj mjeri nitrata. Na samom vrhu oltara, na lovorovom vijencu zamijećeni su i slabo vidljivi tragovi plavog i zelenog pigmenta, što nam govori i o nekadašnjem običaju bojenja oltara.[10] Analizom je dokazano da su oba pigmenta, plavi ultramarin i kromno zelena, bila pomiješana sa cinkovim bijelim pigmentom i uljem kao organskom supstancom. Ova preliminarna istraživanja koja zahtijevaju pažljivo vizualno proučavanje zatečenog stanja, kao i dijagnostička ispitivanja, znatno su pomogla razumijevanju restauratorsko-konzervatorske problematike ovog umjetničkog djela, te uvelike olakšala odabir odgovarajućih stručnih metoda rada.

KONZERVATORSKO-RESTAURATORSKI ZAHVAT

Obnovi oštećenog kulturnog dobra uvijek treba pristupati odgovorno sagledavši sve čimbenike koji su degradirali njegovu funkcionalnost i estetiku. Treba biti pažljiv pri odabiru odgovarajućih konzervatorsko-restauratorskih metoda kako bismo zahvatom, koliko situacija dopušta, uklonili ili barem usporili daljnje propadanje kamena vapnenca, prirodnog materijala od kojeg je napravljena ova umjetnina. Neophodno je voditi računa o odabiru alata i materijala koji moraju biti adekvatni konzervatorsko-restauratorskom zahvatu koji se provodi, pazeći da proces bude reverzibilan i jasno fotodokumentacijski evidentiran. Treba imati na umu i poznato pravilo struke da je manje ponekad više, odnosno da intervencija obuhvati samo ono najugroženije te da se umjetnina prilikom završetka procesa obnove prezentira u svom sadašnjem stanju kao neosporan dokument prošlosti.

Radovi sanacije oltara u crkvi Gospe od Batka podijeljeni su u četiri faze; isprva je izvršena demontaža, zatim desalinizacija, da bi nakon rekonstrukcije oltar ponovno bio montiran na izvornom mjestu. Radovi demontaže obavljeni su u srpnju 2018. g. Započeli su fotodokumentacijom i numeriranjem elemenata spomeničke cjeline predviđenih za transport u radionicu. Nakon montiranja jednoetažne lagane aluminijske skele, koja je osiguravala pristup oltaru i sigurnu radnu zonu, počelo je prvo pažljivo uklanjanje i pohrana već odlomljenih fragmenata kamene plastike koji su naknadno lijepljenjem vraćeni. Kako bi demontaža uopće bila moguća i da bi se elementi oltara mogli rastaviti, uslijedilo je uklanjanje dotrajalih sljubnica ispunjenih vapnenim mortom koje su dobrim dijelom već bile napuknute, a dijelom ih uslijed erozije više nije ni bilo te su mjestimično bili vidljivi prodori vlage iz zida apside. Sljubnice su uklanjane ručnim klesarskim alatima zbog bojazni da bi električni alati isuviše rastresli ionako delikatna oštećenja na kamenoj plastici. Ukupno je demontirano sedamnaest kamenih elemenata, počevši rastavljanjem zabata, a zatim i samog reljefa. Prilikom spuštanja i odvajanja osobito teških dijelova iz ležišta, korišten je lančani koloturnik pričvršćen za skelu. Pri odvajanju kamena i uklanjanju dotrajalog vezivnog morta, u unutrašnjosti

[10] V. Kovačić, »Renesansna obojena kamena skulptura u Dalmaciji *In marmore sculptum variis coloribus depictum«, Klesarstvo i graditeljstvo,* sv. XXX, broj 1-2, Pučišća 2020., str. 51-66.

Stanje zida apside i dijelova oltara prilikom demontaže

strukture detektirani su željezni klinovi i klamfe koji su u dodiru s vlagom iz zida oksidirali. Procesom oksidacije nastaje željezni oksid koji se zbog povećanja volumena prenapreže te vrši intenzivno fizičko opterećenje na kamen te on s vremenom puca. Željezni trnovi prepiljeni su malom ručnom pilom, zatim se prvi put upotrijebila mala električna bušilica sa svrdlom promjera 3 mm bez vibracije čime su oslabljene olovne plombe koje ispunjavaju prostor između željeznih elemenata i kamenog ležišta. Njima su metalni elementi bili učvršćeni u mjestu da bi se zatim ručnim alatima i kliještima olovo odstranilo.

Nakon skidanja, dodatna pozornost posvećena je pravilnom slaganju kamenih elemenata i njihovom što sigurnijem transportu do radionice. Komadi su slagani na posebno prilagođene europalete prema dimenzijskim i geometrijskim karakteristikama svakog pojedinog komada, vodeći računa o tome da nijedna paleta ne bude opterećena. Svi kompatibilni elementi postavljeni su paralelno, pazeći pritom na njihovu dužinu, širinu i težinu. Ispod i između njih stavljene su ploče od stirodura, koji je mekan ali čvrst materijal, dobro podnosi pritisak i stvara barijeru između elemenata te onemogućuje njihovo međusobno dodirivanje i moguće lomove. Palete su dodatno prekrivene i stabilizirane plastičnom folijom. Donošenjem dijelova oltara u restauratorsku radionicu tvrtke Kor d.o.o. započinje druga faza radova na ovom kulturnom dobru koja uključuje pranje, čišćenje, desalinizaciju, poljepljivanje i izradu rekonstrukcija u umjetnom kamenu. Odmah po dolasku u radionicu demontirani dijelovi oltara postavljeni su prvobitnim redoslijedom na čvrstu vodoravnu površinu nakon čega se pristupilo unaprijed usuglašenim restauratorskim zahvatima.

Posložena oltarna cjelina očišćena je hidromehaničkom metodom, kombinacijom vodene pare uz korištenje sredstva za pranje kamena, četki odgovarajuće tvrdoće i skalpela. Kao sredstvo za pranje korišten je deterdžent za kamen marke Vulpex u omjeru s vodom 1:9. Zatim se s primjerene udaljenosti krenulo u čišće-

Proces desalinizacije, korištenje celulozne pulpe

nje vodenom parom i za taj dio posla koristio se stroj Steamer-Karcher HDS 6/14CX s temperaturom pare od 100º i tlakom od 8 bara. Na taj način ispire se prethodno naneseni deterdžent te se detaljno čisti površina kamena, pri čemu se ne oštećuje klesarski trag alata odnosno tekstura kamena. Očišćena površina pružila je bolji uvid u nekadašnje popune neadekvatnom žbukom koja je odstranjena korištenjem finih klesarskih dlijeta. Nakon čišćenja kamenih elemenata, započinje treća faza radova, a to je proces desalinizacije odnosno odsoljavanja korištenjem kemijskih pripravaka, destilirane vode, karboksimetil-celulozne pulpe i upotrebom desalinizacijskog bazena.

Desalinizacija je proces podijeljen u tri faze. Prva je faza pretvaranje netopljivih soli u topljive koja se izvodi na način da na kamenu površinu nanesemo celuloznu pulpu natopljenu 25-postotnom otopinom amonijeva karbonata u destiliranoj vodi. Naglo sušenje pulpe usporava se prekrivanjem plastičnim folijama kako bi se zadržala vlažnost potrebna za kemijsku reakciju. Ovaj proces traje dva do tri dana. Sljedeća je faza uklanjanje pulpe s amonijevim karbonatom te nanošenje pulpe s destiliranom vodom. Ovim procesom u potpunosti ekstrahira-

Skulpture u desalinizacijskom bazenu

Desalinizacija oltara in situ

mo topljive soli na površinu. Pulpa se ostavlja na kamenu do potpunog sušenja. Treća i posljednja faza odsoljavanja sastoji se u polaganju kamenih elemenata u unaprijed pripremljen desalinizacijski bazen sa 7-postotnom otopinom barijeva hidroksida u destiliranoj vodi. Izazvanim kemijskim procesom dolazi do mineralizacije odnosno topljive soli postaju netopljive te se postiže dodatna konsolidacija kamena koja uvelike sprečava daljnje osipanje degradiranih dijelova kamene plastike. Ovako se nanesena pulpa nakon trideset dana uklanja, a kamen se čisti od ostataka celuloze blagim mlazom vode, mekim četkama i špatulicama. Valja napomenuti da je proces odsoljavanja, osim u radionici, primijenjen i *in situ* na menzi i antependiju oltara.

Zatim je uslijedila faza rekonstrukcije kamene plastike. Kao i u prethodnoj fazi, dio radova obavljen je u radionici, a dio na licu mjesta u samoj crkvi. U oba slučaja primijenjene su iste restauratorske tehnike i korišteni su isti materijali. Zbog velikog opsega oštećenja određena količina mase kamenih skulptura nepovratno je izgubljena, jedan dio kiparskom se analogijom dao rekonstruirati, dok na nekim dijelovima skulptura zahvat nije izveden jer bi bio faksimilna pretpostavka, a samim tim i nedopustiva intervencija u potpunosti suprotna restauratorsko-konzervatorskoj etici. Najprije se pristupilo podljepljivanju puknuća i lijepljenju nestabilnih i odlomljenih fragmenata na njihova izvorna mjesta. Za lijepljenje je korišteno dvokomponentno ljepilo za kamen Megapoxy. Uslijedili su rekonstrukcijski zahvati. Oslanjajući se na iskustvo stečeno prijašnjim radom, koristila se kamena mineralna žbuka »bizek mort«, proizvođača Samoborka d.d., čije specifikacije tvrdoće i prianjanja na kamen odgovaraju nadopunama u vapnencu. Manja oštećenja zapunjena su direktno, a prije nanošenja veće količine reparaturne kamene žbuke postavljena je armatura izrađena od karbonskih šipki. Bušilicom bez

Prikaz podljepljivanja i rekonstrukcije umjetnim kamenom

vibracije sa svrdlom širine 3 mm napravljene su rupe na mjestu rekonstrukcije te se dvokomponentnim epoksidnim ljepilom, karbonski profil odgovarajuće veličine zalijepi u rupu. Po potrebi i veličini rekonstrukcije stavlja se više karbonskih profila koji se međusobno spajaju s karbonskim vlaknima i na spojevima učvršćuju epoksidnim ljepilom. Nakon ovog dijela radova, uslijedila je faza popune kamenom žbukom, koja se nanosi u slojevima radi sprečavanja pucanja prilikom sušenja. Za obradu svježe nanesenog materijala korištene su fine modelarske špatulice, a nakon sušenja tradicionalni klesarski alati: rašpe, martelina, gradina i dlijeta raznih veličina radi usklađivanja površine ispune s originalom. Površina je zatim mješavinom prirodnih pigmenata tonirana u skladu s prirodnim kamenom.

Radovi u crkvi obavljeni su neposredno prije montaže, počevši saniranjem unutrašnjeg zida apside crkve. Dotrajale sljubnice uklonjene su i zamijenjene adekvatnom smjesom napravljenom od gašenog vapna, drobljenog kamena s dodatkom drobljene cigle i pijeska u odgovarajućem omjeru. Zid je premazan hidroizolacijskim preparatom da u što većoj mjeri zaustavi daljnji prodor vlage, a time i štetnih soli na pozadinu oltara. Raspucali dijelovi menze i antependij oltara sondirani su svrdlom širine 3 mm u smjeru pukotine te su zatim injektirani dvokomponentnim tekućim ljepilom što je omogućilo prodiranje ispune duboko u pukotine kamena i njegovo učvršćivanje. Probama čišćenja bojanog sloja na vijencu oltara uočeno je da veći dio polikromije prekrivaju ožbukane zakrpe koje nagrđuju originalnu profilaciju. Slojevi dotrajale žbuke uklonjeni su, a preostala

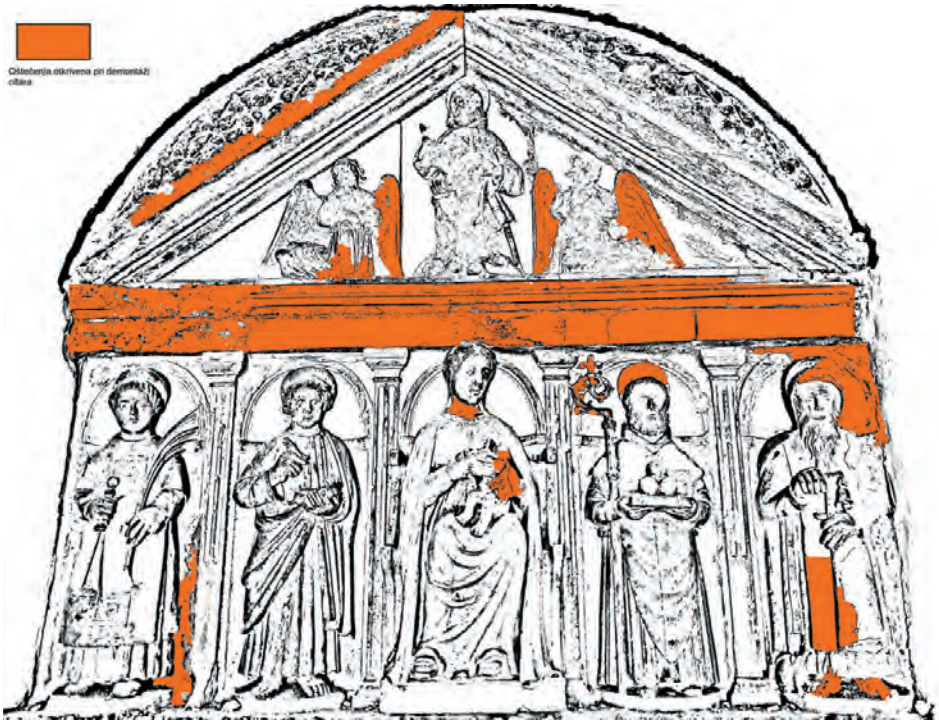
polikromija mehanički je očišćena pazeći da se originalni pigment očuva što više, a zatim je zaštićena premazom 3-postotne otopine Paraloida B72 u acetonu.

Naposljetku pristupilo se montaži. Kamene skulpture na adekvatan su način transportirane do crkve, te su uz pomoć lančanog koloturnika vraćene na svoje izvorno mjesto. Skulpture su radi stabilnosti dodatno učvršćene trnovima od nehrđajućeg inox-čelika za zid apside.

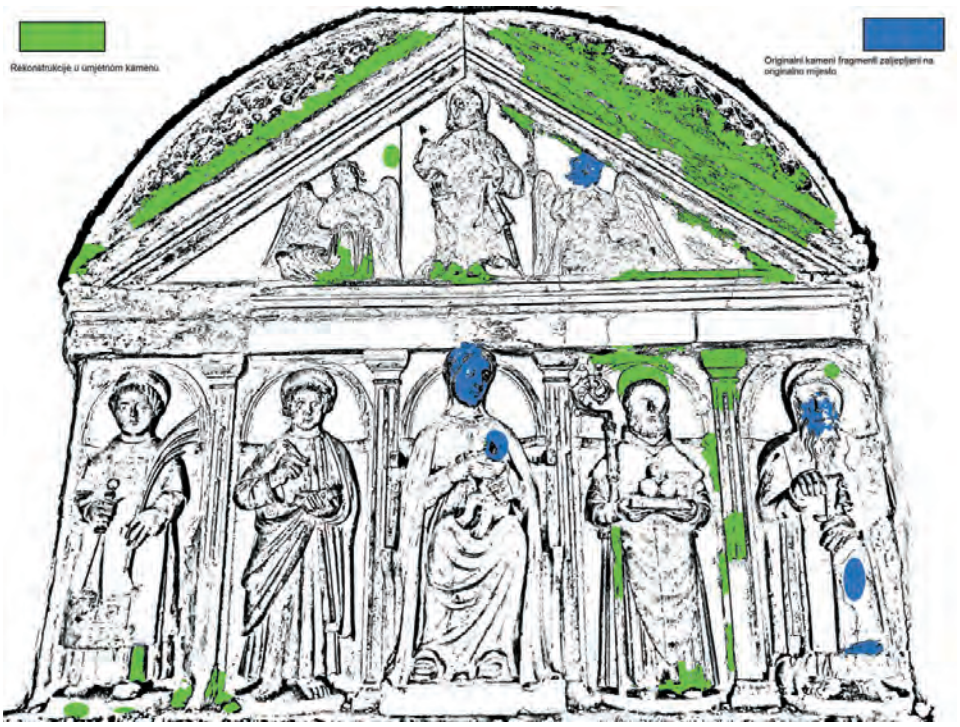
Montaža oltara

Obnovljeni kameni oltar prije ispune sljubnica

Oštećenja uočena pregledom zatečenog stanja



Naknadno otkrivena oštećenja



Originalni kameni fragmenti zalijepljeni na prvotno mjesto

Rekonstrukcija u prirodnom i umjetnom kamenu

ZAKLJUČAK

Kameni oltar u crkvi Gospe od Batka izvrstan je primjer dostignuća renesansnog kiparstva u Dalmaciji. Uslijed prodiranja kapilarne vlage, kristalizacije topljivih soli, onečišćenja te prijašnjih neadekvatnih sanacijskih zahvata, dolazi do ozbiljne ugroze ovog kulturnog dobra. Postupci sanacije izvedeni su zahvaljujući pažljivoj opservaciji, dijagnostici i ozbiljnom pristupu problematici temeljenoj na usklađivanju konzervatorsko-restauratorskih fizikalno-kemijskih metoda današnjeg vremena. Tehnike korištene prilikom obnove jesu: mehaničko čišćenje, uklanjanje štetnih soli, lijepljenje odlomljenih dijelova, rekonstrukcije umjetnim kamenom uz pomoć karbonske armature, usklađivanje novog sa starim postupkom patiniranja i zaštita preostalih fragmenata bojanog sloja. Crkva Gospe od Batka, kao i kameni oltar u njoj, zaštićeno su kulturno dobro koje restauratori tvrtke Kor d.o.o. i nadležni konzervatori iz Splita, obnovljenog s ponosom ostavljaju na čuvanje i divljenje naraštajima koji dolaze.

CONSERVATION-RESTORATION OPERATIONS ON THE ALTAR OF THE CHURCH OF OUR LADY OF BATAK IN PUČIŠĆA ON BRAČ ISLAND

Summary

The stone altar in the Church of Our Lady of Batak is an excellent example of the achievements of Renaissance sculpting in Dalmatia. But because of the penetration of capillary damp, the crystallisation of soluble salts, dirt and previous improper repair operations, a serious threat to this cultural property has arisen. Rehabilitation procedures were carried out after careful observation, diagnostics and a serious approach to the problems founded on the coordination of contemporary conservation-restoration physical-chemical methods. The techniques used during the renovation were mechanical cleaning, removal of deleterious salts, cementing on broken off parts, reconstruction with artificial stone with the use of carbon reinforcing, harmonisation of the new and old procedures of patination and protection of the remaining fragments of the painted layer. The Church of Our Lady of Batak and the stone altar in it are protected cultural property that in their renovated state restorers of the firm Kor d.o.o. and the competent conservators in Split consign with pride to the care and admiration of the generations to come.

Key words: Church of Our Lady of Batak; Pučišća; Brač island; stone altar; Renaissance; conservation-restoration

Trpimir Kujundžić, Tomislav Korman,
Filip Zeko, Šime Vrandečić
Zagreb

UČINAK PILJENJA DIJAMANTNOM ŽIČNOM PILOM

UDK:691.2:621.9.025.7
Rukopis primljen za tisak: 30.3.2023.
Klesarstvo i graditeljstvo, Pučišća, 2023., br. 1-2
Stručni rad
Professional paper

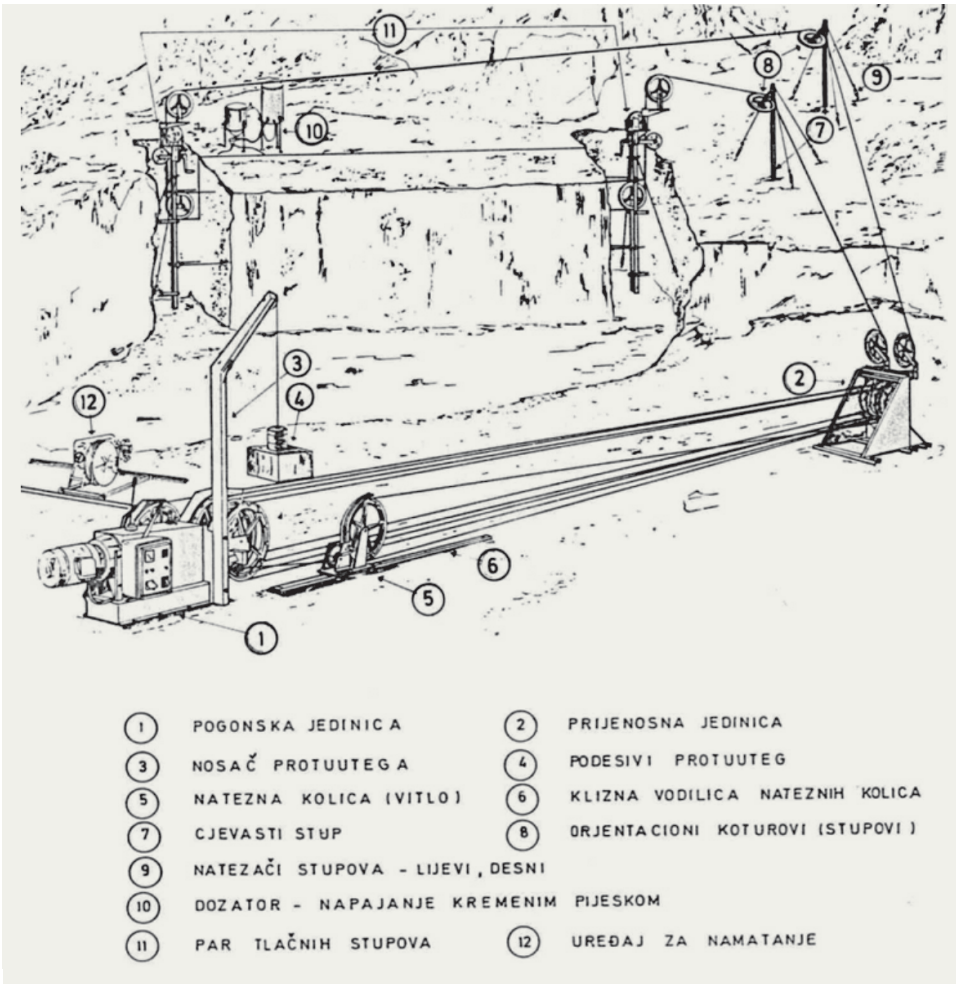
U radu su prikazani razvoj dijamantnih žičnih pila i konstrukcija dijamantne žice. Na temelju dosadašnjih istraživanja i iskustava, analizirani su učinci dijamantnih žičnih pila u kamenolomima vapnenca, travertina, mramora i granita. Poseban osvrt dan je na čimbenike koji utječu na učinkovitost piljenja. Neke od tih čimbenika nije moguće kontrolirati i vezani su uz karakteristike stijene koja se pili. Čimbenici koji utječu na učinkovitost, a moguće ih je djelomično kontrolirati, vezani su uz uvjete rada, karakteristike stroja i konstrukciju reznog elementa. U zaključku rada prezentirane su neke od smjernica za postizanje optimalnih učinaka pri piljenju dijamantnom žičnom pilom.

Ključne riječi: rudarstvo; arhitektonsko-građevni kamen; eksploatacija; dijamantna žična pila; učinak

UVOD

U kamenolomima vapnenačkih stijena piljenje helikoidalnom žičnom pilom bila je naširoko primijenjena metoda eksploatacije. Taj se sustav sastojao od helikoidalnog čeličnog užeta pokretanog pogonskim koloturom i kremenog pijeska ili čelične sačme koja se kontinuirano dodavala u rez na odgovarajućim mjestima (slika 1.). Nedostaci piljenja helikoidalnom žičnom pilom očitovali su se u velikom trošenju helikoidalnog čeličnog užeta koje se uslijed toga moralo često mijenjati, što nije bilo jednostavno jer mu se dužina ponegdje protezala kilometrima. Isto tako, bilo je komplicirano osigurati recikliranje velike količine abraziva.

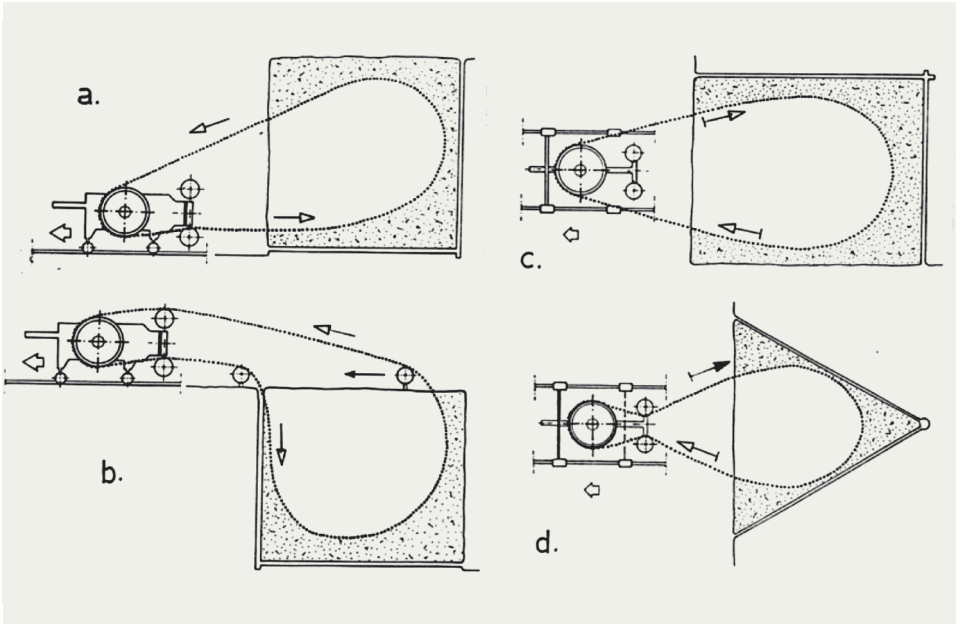
Na temelju uspješne primjene dijamanata pri piljenju arhitektonsko-građevnog kamena kružnim pilama, pedesetih godina prošlog stoljeća započeta su istraživanja na piljenju dijamantnom žicom kao zamjenom za piljenje helikoidalnom žičnom pilom. Između 1955. i 1957. godine, poduzeće »Impregnated Diamond Products« i njihovi vlasnici, poduzeća iz Batha i Portlanda u Engleskoj koja su se bavila eksploatacijom arhitektonsko-građevnog kamena, započinju tajno istraživanje piljenja kamena dijamantnom žicom, no njihova istraživanja nisu urodila plodom. Nakon toga je britanski izumitelj Prowse iz engleskog poduzeća Triefus



Slika 1. Helikoidalna žična pila (Dunda & Kujundžić, 2003.)

na temelju ispitivanja u kamenolomima mramora u Carrari u Italiji 1968. godine predložio korištenje perli s galvaniziranim slojem dijamanata na čeličnom užetu za piljenje kamena. Na slici 2. prikazana je karakteristična primjena dijamantne žične pile pri piljenju vertikalnih i horizontalnih rezova.

U relativno kratkom vremenu, konstrukcija žice prošla je stalnu evoluciju uslijed terenskih ispitivanja u eksploatacijskim uvjetima. Prvi članak o piljenju kamena dijamantnom žicom objavio je u siječnju 1971. godine Hallez. Glavna konstrukcija dijamantne žice prije 1983. godine sastojala se od pramenog čeličnog užeta velike čvrstoće na kojem su bile galvanizirane dijamantne perle, duge 6 do 10 mm, povezane posebno dizajniranim rukavcima. Najvažniji napredak 1983. godine bilo je uvođenje sinteriranih perli umjesto galvaniziranih (Thoreau, 1984.). Sinterirane dijamantne perle sastoje se od čelične cjevčice na kojoj je s vanjske strane nanesen sinterirani sloj metalnog veziva s ravnomjerno u njemu raspoređe-



Slika 2. a) Prikazan je način piljenja kad se pila nalazi na osnovnom radnom platou – »pjaci«, tj. na etaži na koju se obara blok, pa pili visinski rez; b) Prikazan je slučaj kad je pila smještena na etaži koju se pili, pa pili dubinski vertikalni rez; Pri horizontalnom piljenju dijamantna žica može biti jedino na radnom platou etaže, odnosno pila može biti samo u razini reza. Pri tom pili različiti oblik reza, kvadratični (c) do trokutni (d) pri piljenju V-usjeka (Dunda & Kujundžić, 2003.).

nim dijamantima. Te perle proizvedene su radi prevladavanja pada učinka pri piljenju tvrđih kamenih materijala galvaniziranim perlama. Sinterirane perle imaju gotovo jednak učinak piljenja kroz cijeli životni vijek. Zahvaljujući konstrukciji dijamantne žice, koju je predstavilo poduzeće Diamant Boart s plastičnim odstojnicima između sinteriranih perli, pojavilo se novo polje primjene dijamantne žice, piljenje granita. Zahvaljujući plastičnim odstojnicima, spriječeno je trošenje čeličnog užeta abrazivnim česticama produkata piljenja. Na slici 3. prikazane su spomenute konstrukcije dijamantne žice.

Slika 3. Konstrukcije dijamantne žice (galvanizirane perle (gore); sinterirane perle (u sredini); žica obložena plastikom zbog zaštite čeličnog užeta od prebrzog habanja (dolje).

Konstrukcija dijamantne žice za piljenje tvrdih stijena, kao granita, u današnje se vrijeme općenito sastoji od:

– sinteriranih perli promjera 11 mm, dugih 6 mm, na čeličnoj cjevčici promjera 9 mm
– marke dijamanta SDA 100, 40/50 mesha
– 40 perli po metru dužine žice
– plastičnih odstojnika promjera 8,5 mm između dijamantnih perli, koji održavaju razmak između perli i štite čelično uže od produkata piljenja tj. pulpe s visokim sadržajem kvarca
– muško-ženske spojnice na krajevima

U tablici 1. prikazana je usporedba karakteristika uobičajenih metoda eksploatacije granita s eksploatacijom granita piljenjem dijamantnom žicom.

Tablica 1. Karakteristike metoda primijenjenih pri eksploataciji granita (Butler – Smith, 1997.)

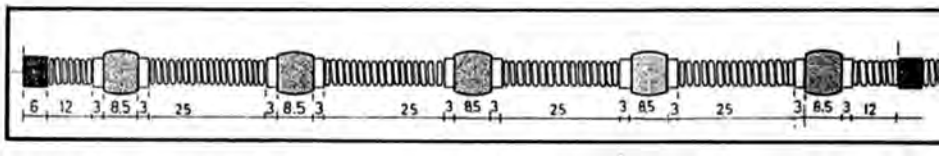
Metoda	Karakteristika					
	Učinak kamenoloma	Produktivnost	Univerzalnost	Lakoća primjene	Buka	Sigurnost
Rezanje plamenim mlazom	x	x	XX	+	XX	x
Primjena baruta	XX	+	+	+	x	x
Glatko miniranje	x	%	x	XX	x	x
Odvajanje bušenjem preklapajućih bušotina	+	x	+	x	%	+
Dijamantna žica	+	+	+	%	+	%

+ prednost, % beznačajni učinak, x nedostatak, XX zabranjujući kriterij

Pri piljenju mekih stijena, kao mramora, još se ponegdje koriste galvanizirane perle, a umjesto plastičnih odstojnika između perli koriste se opruge.

Za vapnence se u današnje vrijeme primjenjuju uglavnom sinterirane dijamantne perle cilindričnog oblika ukupne dužine 8,5 mm s vanjskim promjerom 10 mm, a unutarnji promjer im je 5 mm. Marka dijamanata tipa je SDA (sintetički) granulacije 40/50 mesha (USA standard AST M) s koncentracijom dijamanata od 35 %. Uz perle i čelično prameno uže za formiranje dijamantne žice koriste se još: čelični zaštitni prstenovi; blokirni prstenovi – osigurači 9 x 6 mm, razdjelne opruge promjera 8 mm i dužine u nenapregnutom stanju 12 i 25 mm, te muško-ženske spojnice. Dugogodišnjim radom dijamantnom žicom u našim kamenolomima utvrđen je najprihvatljiviji način formiranja žice s postavljanjem blokirnog

osigurača poslije svakih 5 dijamantnih perli sa 30 perli po metru dužinom žice. Dijamantna žica najčešće je formirana tako da se ispred i iza blokirnog osigurača postavlja razdjelna opruga vanjskog promjera, a ispred i iza perle zaštitni prsten. Između dvije dijamantne perle postavlja se razdjelna opruga (slika 4.).



Slika 4. Iskustveno utvrđena često korištena konstrukcija dijamantne žice (Dunda & Kujundžić, 2003.)

1. EVOLUCIJA UČINKA PILJENJA DIJAMANTNE ŽICE

Kad se 1971. godine koristila dijamantna žica s galvaniziranim dijamantnim perlama za kvadriranje blokova mramora, brzina gibanja dijamantne žice kretala se oko 25 m/s, a učinak piljenja iznosio je oko 2 m^2/h. Od 1980. godine dijamantne žične pile se naveliko koriste za eksploataciju mramora u kamenolomima. Tipičan učinak piljenja u 1980. godini iznosio je 3-4 m^2/h, a životni vijek žice bio je 10-20 m^2/m (Decroly, 1981.). Najveći učinak u to vrijeme postignut je u Carrara mramoru u kamenolomu Luchetti kod Fantiscrittija u Italiji i iznosio je 14 m^2/h (Pinzari, 1983.).

Nakon 1983. godine, najznačajniji napredak predstavljao je razvoj sinteriranih perli. Njima je postignut životni vijek 60 posto dulji u odnosu na galvanizirane perle pri piljenju mramora. U to vrijeme, vijek trajanja žice postaje općenito važan čimbenik. Prema podacima koje je 1985. godine objavilo poduzeće Diamant Boart, piljenje dijamantnom žicom sa sinteriranim perlama postiže vrlo značajne učinke (Herbert, 1985.). U tablici 2. prikazani su ti učinci piljenja u sedam različitih kamenih materijala.

Tablica 2. Životni vijek i učinak piljenja žice sa sinteriranim perlama (Herbert, 1985.)

Vrsta kamena	Zemlja porijekla	Učinak piljenja [m^2/h]	Životni vijek žice duge 20 m [m^2]
Carrara mramor	Italija	7	500
Tivoli travertin	Italija	7	600
»Pierre Blue« (Vapnenac)	Belgija	3	400
Boulonnais mramor	Francuska	4	400
Ružičasti i bijeli mramor	Portugal	4	400
Bijeli mramor	Grčka	6	400
Kambrijski zeleni šejl	Velika Britanija	3	300

Jain i Rathore proveli su 2010. godine istraživanja učinkovitosti piljenja dijamantnom žičnom pilom u mramoru s mekim, srednje tvrdim i tvrdim inačicama pokraj sela Morwad u Indiji. Pri istraživanju se koristila dijamantna žica sa 33 sinterirane perle po metru dužnom, koncentracije dijamanata od 0,63 karata po perli. Obodna brzina žice bila je 27,2 m/s. Glavni motor pile imao je snagu od 44,7 kW, a motor posmaka stroja 0,75 kW. U mekom mramoru postigao se srednji učinak piljenja od 5,3 m^2/h, u srednje tvrdom 4,8 m^2/h, a u tvrdom 4,3 m^2/h. Ghaysari i drugi 2012. su godine promatrali učinak dijamantne žične pile u sedam različitih kamenoloma mramora u Iranu. Snaga glavnog motora pile bila je 45 kW, a koristila se žica sa 33 do 36 dijamantnih perli za meke stijene po metru dužnom žice, dok se ukupna dužina žice kretala od 65 do 80 metara. Brzina gibanja žice iznosila je 30 do 35 m/s. Učinak piljenja kretao se od 6 do 10,6 m^2/h (srednji 8,8 m^2/h). Godine 2013., u Iranu su Sadegheslam i drugi, mjerenjem učinkovitosti piljenja dijamantne žične pile istih tehničkih karakteristika u 18 kamenoloma mramora različitih od onih u kojima su mjerili Ghaysari i drugi 2012. godine, ustanovili učinak piljenja od 1,28 do 10 m^2/h, odnosno srednji učinak od 4,4 m^2/h. Srednji učinak piljenja s dijamantnom žičnom pilom navedenih tehničkih karakteristika u svih 25 kamenoloma mramora u Iranu iznosio je 5,7 m^2/h. U kamenolomu mramora Tumas u Antaliji u Turskoj, 2014. godine provedena su mjerenja učinkovitosti piljenja dijamantnom žičnom pilom te je iznosila 4 m^2/h. Snaga glavnog motora pile bila je 45 kW, a korištena je žica sa 32 sinterirane perle po metru dužnom. Brzina gibanja žice bila je 22,26 m/s, a dužina 50 m. Promjer pogonskog kotura bio je 800 mm. Izmjereni učinak piljenja bio je manji od teoretskog (6-10 m^2/h), što autori objašnjavaju relativno velikom tlačnom čvrstoćom mramora, 120,9 MPa (Avunduk i dr., 2014.).

Iste godine, također u Turskoj, u pokrajini Kavaklidere – Mugla, provedena su terenska mjerenja učinkovitosti dijamantne žične pile u kamenolomu mramora u kojem se eksploatiraju dvije inačice kamena, *Kavaklidere white I* i *Kavaklidere white II*. Glavni motor pile imao je snagu od 55 kW. Pri piljenju prve inačice kamena (*Kavaklidere white I*), brzina gibanja žice bila je 30,17 m/s i postignut je učinak piljenja od 5,15 m^2/h, a pri piljenju druge inačice, brzina gibanja žice bila je 28,2 m/s, a učinak piljenja 6,67 m^2/h. Pri piljenju i jedne i druge inačice, broj sinteriranih perli promjera 10,7 mm po metru dužnom žice bio je 30, a dužina žice iznosila je 50 m. Površina vertikalnog reza bila je 36 m^2 (Tumac i dr., 2014.).

Tumac i drugi 2016. godine ispitivali su utjecaj fizikalno-mehaničkih svojstava i koeficijenta teksture mramora na učinak piljenja dijamantne žične pile na iste dvije inačice mramora kao i 2014. godine te na još dvije vrste mramora: »Karahalli grey« i »Ula light«. Pri ispitivanju učinka piljenja na mramoru »Karahalli grey« koristila se pila s motorom snage 55 kW, brzina gibanja žice bila je 21,85 m/s sa 28 perli po metru dužnom. Pilio se vertikalni rez površine 85 m^2. Postigao se učinak piljenja od čak 11,97 m^2/h, što se može pripisati relativno maloj tlačnoj čvrstoći (70,2 MPa) i malom koeficijentu abrazivnosti (CAI=1,32) kamena. Pri

piljenju »Ula light« mramora koristila se pila snage motora od 45 kW, brzina gibanja žice bila je 21,1 m/s, također sa 28 perli po metru dužnom. Pilio se horizontalan rez površine 250 m^2, a učinak piljenja bio je 5,39 m^2/h. Rasti i dr. su 2021. u Isfahanskoj pokrajini u kamenolomu mramora zabilježili učinke od 5,23 m^2/h do 6,47 m^2/h koristeći dijamantnu žičnu pilu snage 50 kW. Pri piljenju obodna brzina žice iznosila je od 28 m/s do 30 m/s koristeći dijamantnu žicu dužine 50 m sa sinteriranim perlama promjera 11,5 mm.

Godine 2014. u Turskoj, u kamenolomu vapnenca postignut je učinak piljenja dijamantnom žičnom pilom od 5 m^2/h, a u kamenolomu dolomitičnog vapnenca od 6 m^2/h. Snaga glavnog motora pile bila je 37,5 kW, promjer pogonskog kotura 800 mm. Dijamantna žica bila je 80 do 100 m dužine i kretala se brzinom od 35 do 45 m/s. Žica je formirana sa 30 perli po metru dužnom, a promjer im je bio 11 mm (Özkan i dr., 2014.). Godine 2021., u Isfahanskoj pokrajini u četiri kamenoloma vapnenca ostvareni su učinci od 3,9 m^2/h do 6,9 m^2/h, koristeći dijamantne žične pile snage 50 kW s promjerima pogonskog kotura od 700 do 900 mm. Dužina žice iznosila je 50 m sa 31-34 perle po metru dužnom žice, pri brzini gibanja od 28-30 m/s (Rasti i dr. 2021.).

U kamenolomu travertina u provinciji Isfahan, pokraj grada Natanz u Iranu, provedeno je istraživanje utjecaja broja dijamantnih perli po metru dužnom dijamantne žice na učinkovitost piljenja s dijamantnom žičnom pilom. Pila je imala glavni motor snage 45 kW, a promjer pogonskog kotura bio je 600 mm. Brzina gibanja žice bila je 30 m/s. Istraživanjem je utvrđeno da se sa 31 perlom po metru dužnom žice pri piljenju rezova površine od 48, 64 i 80 m^2 postižu učinci piljenja od 6, 6,19 i 6,21 m^2/h, odnosno srednji učinak piljenja od 6,13 m^2/h (Bagherpour i dr., 2014.). U istom kamenolomu, pilom koja je imala glavni motor snage 37 kW i promjer pogonskog kotura 800 mm, 2015. godine, Almasi i drugi autori proveli su ispitivanje utjecaja sile posmaka dijamantne žične pile na učinkovitost piljenja. Brzina gibanja žice sa 30 do 32 perle po metru dužnom mijenjala se od 30 do 35 m/s, a dužina žice bila je 60 do 75 m. Pilili su se rezovi površine od 50 do 100 m^2 pri čemu se mijenjala sila posmaka pile kontrolirajući iznos jakosti struje glavnog motora pile. Jakost struje koju je povlačio motor iz mreže, za svaku površinu reza, mijenjala se od 45 do 65 A. Učinkovitost piljenja kretala se od 5 do 7,14 m^2/h (srednja 6,07 m^2/h). Pritom je ustanovljeno da sila napinjanja žice treba biti velika kod piljenja rezova malih površina, a manja kod rezova velikih površina, kako bi se postigao optimalan učinak piljenja.

Godine 2015., u istom kamenolomu i istom pilom, Khademian i drugi ispitivali su utjecaj udaljenosti pile od radnog čela na učinkovitost piljenja te su pri tome zabilježili srednju učinkovitost piljenja od 6,43 m^2/h. Godine 2021., u Isfahanskoj pokrajini u pet kamenoloma travertina ostvareni su učinci 6,12 m^2/h do 9,8 m^2/h koristeći dijamantne žične pile snage 50 kW s promjerima pogonskog kotura od 700 do 900 mm. Dužina žice iznosila je 50 m sa 31-34 perle po metru dužnom žice pri brzini rezanja od 28-30 m/s (Rasti i dr. 2021.).

Dijamantnim žičnim pilama mogu se kvadrirati i blokovi granita. Tako je, na primjer, dijamantna žična pila specijalno dizajnirana i proizvedena u poduzeću Ets Salagnac iz Francuske za piljenje granita iz 1988. godine imala učinak piljenja 0,8 – 2 m^2/h, a životni vijek žice bio je 11,1 m^2/m pri piljenju raznih granita (Scanff, 1988.). Hayes 1989. navodi da je poduzeće Milano Manufacturing Co. Ltd. iz Japana proizvelo sedam različitih tipova dijamantnih žičnih pila za kvadriranje različitih tipova granitnih blokova. Jedan od tih strojeva Milano DW-1L s dvostrukim koturovima promjera 2100 mm, pokretanih motorom od 24 kW, pokretao je žicu brzinom od 35 m/s, a učinak piljenja bio mu je 1,2 m^2/h sa životnim vijekom žice od 2,6 do 5,5 m^2/m.

Pri eksploataciji granita Vosges Grey u kamenolomu Petitjeam u Francuskoj, postignut je učinak piljenja dijamantnom žičnom pilom 2,5 – 3,0 m^2/h, a vijek žice bio je 4 – 5 m^2 po metru dužine žice što je 1986. godine bilo značajno postignuće (Daniel, 1986.). Daniel je 1986. godine također objavio rezultate piljenja granita u pet kamenoloma u Valle d'Ossola i Valle Antigorio sjeverno od jezera Maggiore u Italiji. Prikazao je da se graniti mogu ekonomično piliti dijamantnom žičnom pilom pri učinku 2 – 5 m^2/h, uz vijek žice 2 – 7 m^2/m žice.

Devedesetih godina u kamenolomu granita Blue Pearl u Norveškoj, dijamantnom žičnom pilom Telediesel TDD100 Super od Pellegrinija, postignut je učinak piljenja od 4,5 m^2/h pri brzini gibanja žice između 22 i 25 m/s (Marles, 1990.). Vijek trajanja žice bio je 5 m^2 po metru dužnom žice.

Godine 2001. u ležištima granita u Piedemontu, u Italiji, 30 posto kamenoloma koristi dijamantnu žicu u eksploataciji. Koristila se gotovo isključivo *plastificirana* ili *gumirana* žica sa 35 do 43 sinteriranih perli s umjetnim dijamantima po dužnom metru žice, promjera 10 do 11 mm. Brzina gibanja žice bila je 20 do 40 m/s, a potrošnja vode za ispiranje reza oko 50 l/min. Učinkovitost piljenja bila je u prosjeku od 1 do 4 m^2/h, a servisni vijek žice kretao se oko 8 do 10 m^2 reza po dužnom metru žice (Mancini i dr., 2001.).

Pri ispitivanju utjecaja fizikalno-mehaničkih svojstava granita na učinak piljenja s dijamantnom žičnom pilom u sjeverozapadnom dijelu regije Aravalli, Rajasthan u Indiji, provedena su ispitivanja učinkovitosti piljenja u devet kamenoloma. Pilili su se vertikalni rezovi površine 90 do 110 m^2 pilom koja je imala glavni motor snage 45 kW, promjer pogonske koloture bio je 800 mm. Prosječna dužina žice bila je 50 m sa 38 do 39 sinteriranih perli po metru dužnom žice. Perle su imale promjer 11,5 mm. Učinak piljenja kretao se od 3,82 m^2/h do čak 9,76 m^2/h (srednji 6,79 m^2/h).

2. UTJECAJNI ČIMBENICI NA UČINAK PILJENJA DIJAMANTNOM ŽIČNOM PILOM

Pod pojmom učinkovitosti podrazumijeva se ispiljena površina stijene u jedinici vremena, najčešće u jednom satu. Postoji mnoštvo čimbenika o kojima će ovisiti učinkovitost dijamantne žične pile, a velika su većina i međusobno pove-

zani što znatno otežava određivanje utjecaja pojedinih čimbenika na cjelokupan proces piljenja. Neke od tih čimbenika nije moguće kontrolirati jer su vezani uz karakteristike stijene koja se pili, poput čvrstoće, tvrdoće, sadržaja vode, stupnja trošnosti, stanja diskontinuiteta te mineraloškog sastava i teksture. Čimbenici koje možemo djelomično kontrolirati vezani su uz uvjete rada, karakteristike stroja i konstrukciju reznog elementa, a to su snaga motora, obodna brzina žice, vrsta perli i njihov broj po metru žice, dimenzije blokova, vibracije stroja i potrošnja vode. Ono što se još dade djelomično kontrolirati jesu vještina rukovatelja strojem i primijenjene tehnike piljenja (Zeko, 2021.).

Ozcelik i drugi (2004.) u svojem su radu istraživali povezanost teksturnih i mineraloških svojstava vapnenca i mramora s potrošnjom dijamantnih perli i učinkovitosti piljenja. Zaključili su da prilikom povećanja veličine mineralnih zrna pada potrošnja dijamantnih zrna i kod vapnenaca i kod mramora. Osim toga, pronašli su da učinak piljenja opada s povećanjem koeficijenta teksture koji opisuje oblik mineralnih zrna, orijentaciju, stupanj povezanosti i gustoću pakiranja mineralnih zrna. Do istog su zaključka došli i Ghaysari i drugi (2012.) promatrajući učinak piljenja dijamantne žične pile u sedam različitih kamenoloma mramora u Iranu. Godine 2011. Ozcelik i Yilmazkaya proveli su ispitivanja utjecaja anizotropije mramora »*Kaman Pearl*« na učinak piljenja dijamantnom žičnom pilom pri čemu su ustanovili da se najveći učinak postiže pri piljenju kamena paralelno sa slojevitošću, a najmanji pri piljenju okomito na slojevitost. Osim toga, primijetili su da s povećanjem jednoosne tlačne čvrstoće mramora pada učinak piljenja. Ozcelik i drugi (2012.) u svojim su istraživanjima zamijetili da učinak piljenja dijamantnom žicom kod sedam različitih mramora i dva vapnenca opada s povećanjem krtosti stijena. Jain i Rathore 2010. su godine ustanovili jaku povezanost između fizikalno-mehaničkih svojstava mramora s učinkom piljenja dijamantne žične pile. A Jain i drugi su 2013. godine, promatrajući rezultate piljenja na istim vrstama mramora, ustanovili da se učinak piljenja povećava s povećanjem sile posmaka pile te da se optimalna brzina gibanja žice, s obzirom na učinak piljenja, smanjuje s povećanjem tvrdoće mramora. Na temelju mjerenja učinkovitosti dijamantne žične pile u 18 kamenoloma mramora u Iranu, Sadegheslam i drugi 2013. godine ustanovili su jak utjecaj između ekvivalentnog sadržaja kvarca u promatranim stijenama i njihova modula elastičnosti na učinkovitost piljenja dijamantnom žičnom pilom dok je njihova jednoosna tlačna čvrstoća imala manji utjecaj. S povećanjem vrijednosti svih triju promatranih svojstava, opadao je učinak piljenja.

Godine 2014., u Turskoj pokrajini Kavaklidere – Mugla, provedena su terenska mjerenja učinkovitosti dijamantne žične pile u kamenolomu mramora, pri čemu je ustanovljeno da koeficijent teksture u odnosu na utjecaj fizikalno-mehaničkih svojstava mramora ima dominantan utjecaj na učinkovitost piljenja (Tumac i dr., 2014.). Isti zaključak dobili su i Tumac i drugi autori 2016. godine pri ispitivanju na još dvije vrste mramora.

Ozcelik i Yilmazkaya 2011. godine ispitivali su utjecaj anizotropije travertina na učinak piljenja dijamantne žične pile. Ustanovili su da se najveći učinak pilje-

nja postiže pri piljenju paralelno sa slojevitošću. U kamenolomu travertina u Iranu istraživanjem je utvrđeno da na optimalni učinak piljenja dijamantnom žičnom pilom nedvojbeno utječe broj perli po metru dužnom žice, pri čemu se najveći učinak ostvaruje sa 31 perlom po metru dužnom i to u srednjoj trećini radnog vijeka žice (Bagherpour i dr., 2014.). U istom kamenolomu provedeno je ispitivanje utjecaja sile posmaka dijamantne žične pile na učinkovitost piljenja. Pri tom je ustanovljeno da sila napinjanja žice treba biti velika kod piljenja rezova malih površina, a manja kod rezova velikih površina kako bi se postigao optimalni učinak piljenja (Almasi i dr., 2015.). Khademian i drugi također su u istom kamenolomu 2015. godine ispitivali utjecaj udaljenosti pile od radnog čela koje se pili, odnosno utjecaj dužine žice na učinkovitost piljenja. Ustanovili su da se s povećanjem visine čela povećava i optimalna udaljenost pile od radnog čela pa je tako za visinu čela od 7, 10 i 12 metara optimalna udaljenost pile kod koje se postiže najveća učinkovitost piljenja 3, 3,5 i 4,5 metra. Također su primijetili da se najveća učinkovitost piljenja kod svih visina radnog čela postiže kod najveće dužine reza.

Rajpurohit i drugi 2020. su godine pri ispitivanju utjecaja fizikalno-mehaničkih karakteristika granita iz devet kamenoloma u Indiji na učinkovitost piljenja dijamantne žične pile ustanovili da čvrstoća (tlačna i vlačna), krtost, tvrdoća i abrazivnost imaju jak utjecaj na učinak piljenja. Pri tome s povećanjem čvrstoće, tvrdoće i abrazivnosti pada učinak, a s porastom krtosti raste. Rasti i dr. su 2021. analizirali utjecaj promjera pogonskog kotura i kuta piljenja na učinak piljenja. U navedenima ispitivanjima korišteni su pogonski koturi promjera od 600 do 900 mm te je ustanovljeno da se povećanjem promjera povećavaju obodna brzina žice i učinak piljenja. Pored navedenog, analizirali su i utjecaj kuta piljenja koji je varirao između 0^0 za slučaj vertikalnog reza i 90^0 za slučaj horizontalnog reza. Na temelju provedenih istraživanja proizlazi da se s povećanjem kuta piljenja smanjuje učinak piljenja.

3. ZAKLJUČAK

Dijamantne žične pile primjenjuju se za piljenje mekših i tvrđih stijena, pri čemu učinci piljenja mogu značajno varirati. Učinak dijamante žične pile ovisi o brojnim čimbenicima, ali samo na dio čimbenika moguće je izravno utjecati. Čimbenici na koje nije moguće izravno utjecati uglavnom se odnose na svojstva stijena odnosno na fizikalno-mehaničke i teksturalne značajke stijena. Na temelju dosadašnjih istraživanja, moguće je zaključiti da učinak piljenja opada s jednoosnom tlačnom čvrstoćom, tvrdoćom i krtošću stijena. Posljednja istraživanja ukazuju na to da koeficijent teksture ima značajan utjecaj na učinak piljenja te da se njegovim povećanjem smanjuje učinak. Kod slojevitih stijena najveći učinak postiže se pri piljenju kamena paralelno sa slojevitošću, a najmanji pri piljenju okomito na slojevitost.

Čimbenici koje možemo djelomično kontrolirati vezani su uz uvjete rada, karakteristike stroja i konstrukciju reznog elementa, a to su snaga motora, promjer

pogonskog kotura, obodna brzina žice, vrsta perli i njihov broj po metru žice, dimenzije blokova, vibracije stroja i potrošnja vode.

Optimalan učinak piljenja dijamantnom žičnom pilom ovisi i o broju perli po metru dužnom žice. U travertinu najveći zabilježeni učinak ostvaren je sa 31 perlom po metru dužnom žice i to u srednjoj trećini radnog vijeka žice. Nadalje, ustanovljeno je da se povećanjem visine čela povećava i optimalna udaljenost pile od radnog čela. Također je važno istaknuti da se učinak piljenja povećava s povećanjem sile posmaka i povećanjem promjera pogonskog kotača, a smanjuje s povećanjem kuta piljenja. Za optimalan učinak piljenja, sila napinjanja žice treba biti velika kod piljenja rezova malih površina, a manja kod rezova velikih površina.

Kod mekših stijena u kamenolomima travertina i mramora postižu se učinci od 5 m^2/h do 12 m^2/h dok su u kamenolomima vapnenca učinci nešto manji i kreću se od 5 m^2/h do 7 m^2/h. Dijamantne žične pile najčešće se primjenjuju u mekšim stijenama, ali se sve više primjenjuju i u tvrđim stijenama poput granita. Prosječni učinci rezanja u granitima kreću se od 2 m^2/h do 5 m^2/h, iako su u pojedenim kamenolomima zabilježeni i veći učinci. U još tvrđim stijenama, poput kvarcita, piljenje dijamantnom žicom još uvijek se smatra teškim odnosno manje isplativim, ali vjerojatno je samo pitanje vremena kada će se ova tehnologija moći uspješno primijeniti u navedenim stijenama.

LITERATURA

Almasi, S., N.; Bagherpour, R.; Mikaeil, R.; Khademian, A., »Influence of Cutting Wire Tension on Travertine Cutting Rate«. *24th International Mining Congress and Exhibition of Turkey-IMCET'15 Antalya,* Turkey, pp. 1096-1102., April 14-17, 2015.

Avunduk, E.; Tumac, D.; Basyigit, M.; Er, S.; Copur, H.; Balci, C., »Cutting Performance of Chain Saw and Diamond Wire Machines in Beige Marble Quarry«. 8th *Asian Rock Mechanics Symposium ARMS8, Shimizu, Kaneko & Kodama (eds),* 14-16 October, Sapporo, Japan, pp. 1573-1578, 14-16 October, Sapporo 2014.

Bagherpour, R.; Khademian, A.; Almasi, S. N.; Aalaei, M. »Optimum cutting wire assembly in dimension stone quarries«. *Journal of Mining and Metallurgy,* 50 A (1) 1-8, 2014.

Butler-Smith, P. W., »A study of the performance of diamond wire in hard natural stone«. *Master of science thesis*, University of Cape Town, September, 1997.

Daniel, P., »More granites succumb to diamond wire«, *Industrial Diamond Review*, pp. 189-194, May, 1986.

Daniel, P., »Granite quarrying-cut waste & costs«, *Industrial Diamond Review,* pp. 1-4, January, 1986.

Decroly, J. C., »Stone extraction from the quarry using diamond wire«, *Industrial Diamond Review*, pp. 80-83, February, 1981.

Dunda, S.; Kujundžić, T., »Eksploatacija arhitektonskog građevnog kamena«, *Digitalni udžbenik*. Rudarsko-geološko-naftni fakultet. Zagreb 2003.

Ghaysari, N.; Ataei, M.; Sereshki, F.; Mikaiel, R., »Prediction of performance of diamond wire saw with respect to texture characteristics of rock«. *Arch. Min. Sci*., 57(4), pp. 839-852, 2012.

Hallez, C. P., »Sawing marble with diamond wire«, *Industrial Diamond Review*, pp. 8-11, January, 1971.

Hayes, D., »Japanese granite trade embraces diamond wire«, *Industrial Diamond Review*, pp. 67-69, February, 1989.

Herbert, S., »Labour costs halved with one-man diamond wire«, *Industrial Diamond Review*, pp. 251-253, May, 1985.

Jain, S. C.; Rathore, S. S., »Role of Physico-Mechanical Properties in Cutting Performance of Diamond Wire Saw in Marble Quarrying Operation«. M*ine planning and equipment selection (MPES) conference*, Ed.: Topal, E. & Kuruppu, M., pp. 179-189. / Fremantle, WA, 1-3 december 2010.

Khademian, A.; Bagherpour, R.; Almasi, S. N.; Aalaei, M., »Optimum Distance Between Cutting Machine And Working Face In Travertine Exploitation With Diamond Wire Cutting Method«. *24th International Mining Congress and Exhibition of Turkey-IMCET'15* Antalya, Turkey, April 14-17, pp. 1103-1110, 2015.

Mancini, R.; Cardu, M.; Fomaro, M.; Lovera, E., »Technological and Economic Evolution of Diamond Wire Use in Granite or Similar Stone Quarries«. 17th *International Mining Congress and Exhibition of Turkey – IMCET2001*, pp. 543-548. 2001.

Marles, T.: Norse S., *Industrial Diamond Review*, pp. 6-7, January 1990.

Ozcelik, Y.; Polat, E.; Bayram, F.; Ay, A. M., »Investigation of the effects of textural properties on marble cutting with diamond wire«. *Sinorock 2004 Symposium, International Journal of Rock Mechanics & Mining Sciences* 41(3), Elsevier Ltd. 2004.

Ozcelik, Y.; Yilmazkaya, E., »The effect of the rock anisotropy on the efficiency of diamond wire cutting machines«. *International Journal of Rock Mechanics & Mining Sciences* 48 pp. 626–636., 2011.

Özkan, E.; Sarıışık, G. & Ceylan, S., »Application and productivity analysis of new channel opening method in natural stone quarries with diamond wire cutting machine«. *Arabian Journal of Geosciences* 8, 1089–1098., 2015.

Pinzari, M. (1983.): »Quarrying stone by diamond wire in Italy«, *Industrial Diamond Review*, pp. 231-236, May, 1983.

Rajpurohit, S. S.; Sinha, R. K.; Sen, P.; Adak, V., »Effect of the rock properties on sawability of granite using diamond wire saw in natural stone quarries«. *Arabian Journal of Geosciences*, 13, 21, 1–15, 2020.

Rasti, A.; Adarmanabadi, H. R. & Sahlabadi, M. R., »Effects of controllable and uncontrollable parameters on diamond wire cutting performance using statistical analysis: a case study«. *Rudarsko-geološko-naftni zbornik*, 36(4), pp. 21-32, 2021.

Sadegheslam, G.; Mikaeil, R.; Rooki, R.; Ghadernejad, S.; Ataei, M., »Predicting the production rate of diamond wire saws using multiple nonlinear regression analysis«. *Geosystem Engineering*,16(4) pp. 275-285, 2013.

Scanff, A. I., »New wire saw machine«, *Industrial Diamond Review*, pp. 168, April, 1988.

Thoreau, B., »Diamond impregnated wire for sawing hard abrasive stones«, *Industrial Diamond Review*, pp. 94-95, February, 1984.

Tumac, D.; Avunduk, E.; Copur, H.; Balci, C.; Er, S., »Investigation of the effect of textural properties towards predicting sawing performance of diamond wire machines«. *EUROCK16 symposium: Rock Mechanics and Rock Engineering: From the Past to the Future* – Ulusay et al. (Eds) Taylor & Francis Group, London, pp. 211-215, 2016.

Tumac, D.; Avunduk, E.; Er, S.; Basyigit, M.; Copur, H.; Balci, C.; Yasan, I., »Preinvestigation to Determine the Effects of Rock Properties on Performance of Chain Saw and Diamond Wire Machines«. 8th Asian Rock Mechanics Symposium ARMS8, Shimizu, Kaneko & Kodama (eds.), 14-16 October, Sapporo, Japan, pp. 1564-1572., 2014.
Zeko, F., *Učinkovitost piljenja dijamantnom žičnom pilom*. Završni rad, Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Zagreb, 2021.

THE CUTTING RATE OF DIAMOND SAW WIRE

Summary

The paper presents the development of diamond wire saws and wire construction. Based on previous research and experience, the cutting rates of diamond wire saws in quarries of limestone, travertine, marble and granite were analysed. Special attention is given to the factors that affect the efficiency of sawing. Some of these factors cannot be controlled and are related to the rock properties. Factors that affect efficiency and can be partially controlled are related to operating conditions, machine characteristics and cutting element construction. In the conclusion of the paper, some of the guidelines for achieving optimal cutting rates when sawing with a diamond wire saw are presented.

Keywords: Mining; dimension stone; exploitation; diamond saw wire; cutting rate

Podaci o autorima

Dr. sc. Trpimir Kujundžić, redoviti profesor
Sveučilište u Zagrebu, Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Pierottijeva 6,
HR – 10000 Zagreb

Dr. sc. Tomislav Korman, izvanredni profesor
Sveučilište u Zagrebu, Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Pierottijeva 6,
HR – 10000 Zagreb

Filip Zeko, Sveučilišni prvostupnik inženjer rudarstva
Ulica grada Mainza 25,
HR – 10000 Zagreb

Šime Vrandečić, Sveučilišni prvostupnik inženjer rudarstva
Put Macela 21, Pučišća 21412
Brač

PALAC

VARIA

< Valerije Michieli (1922. - 1981.), Talac. Dar Sabora Republike Hrvatske, O stotoj obljetnici rođenja postavila Općina Pučišća 30. rujna 2022. na blagdan sv. Jeronima i Dan Općine Pučišća

Kamenolom Punta kod Pučišća

SAŽETCI XXIV. SIMPOZIJA KAMENARA S TEMATIKOM BRANJA, OBRADE, UGRADBE I RESTAURACIJE KAMENA POD NAZIVOM »NOVI ŽIVOT KAMENA«

Dragan Krasić, Dragan Vidić

RUDARSTVO REPUBLIKE HRVATSKE OD 2018. – 2022. - prijedlog izmjena i dopuna Zakona o rudarstvu

Osnovne značajke rudarskog sektora u Republici Hrvatskoj ogledaju se u broju rudarskih objekata tj. istražnih prostora i eksploatacijskih polja mineralnih sirovina, broju rudarskih gospodarskih subjekata, količini utvrđenih rezervi mineralnih sirovina, godišnjoj eksploataciji mineralnih sirovina, te utjecaju rudarstva na druge gospodarske grane.

Poseban osvrt posvećen je arhitektonsko-građevnom kamenu kao jednoj od najvrjednijih i najznačajnijih čvrstih mineralnih sirovina koje se istražuju i eksploatiraju u Republici Hrvatskoj.

Naznačene su izmjene i dopune Zakona o rudarstvu kojim Ministarstvo gospodarstva i održivog razvoja predlaže pravni okvir za sanaciju neaktivnih eksploatacijskih polja mineralnih sirovina.

Ključne riječi: rudarstvo, eksploatacija, mineralne sirovine, pravni okvir

UVOD

Mineralne sirovine predstavljaju osnovu materijalne proizvodnje suvremenog gospodarstva. Rudarstvo je temeljna gospodarska grana koja se bavi istraživanjem i eksploatacijom mineralnih sirovina. Planiranje i pravno uređivanje rudarske gospodarske djelatnosti u Republici Hrvatskoj u nadležnosti je Ministarstva gospodarstva i održivog razvoja.

Dugo vremena je rudarstvo u Republici Hrvatskoj, bez ikakvog uporišta, imalo stigmu netransparentne (sive), gospodarske grane, devastatora prostora i sl. »zahvaljujući« prije svega tzv. pozajmištima materijala koja su otvarana mimo i bez ikakvog utjecaja tijela nadležnih za rudarstvo, te bezočnim krađama mineralne sirovine od strane sumnjivih poduzetnika. Sa sigurnošću možemo reći da su ta vremena prošla i da rudarstvo kao gospodarska grana sve više, opravdano stječe status transparentne i društveno odgovorne gospodarske djelatnosti. Uviđa se da mineralne sirovine moraju biti strateška odrednica. One su temeljni uvjet gospodarske neovisnosti i takozvanog postindustrijskog razvoja društva. Upravo radi transparentnosti, održivog gospodarenja i zaštite mineralnih sirovina Sektor za

rudarstvo je tijekom 2018. godine ustrojio kapitalan projekt Jedinstvenog informacijskog sustava mineralnih sirovina Republike Hrvatske (JISMS), koji se kontinuirano nadograđuje, te služi na dobrobit svih rudarskih gospodarskih subjekta ali i drugih tijela državne uprave te regionalne i lokalne samouprave.

Globalizacija, ubrzavanje gospodarskih i tehnoloških promjena, kao i elementi postindustrijskog razvoja u velikoj su mjeri promijenili ali ne i umanjili ulogu i značenje mineralnih sirovina u suvremenom gospodarstvu i civilizaciji. Te se promjene ogledaju u smanjivanju uloge metala i povećanju uloge nemetala kao i u povećanom iskorištavanju nekih specifičnih mineralnih sirovina, čije korištenje je do prije nekoliko desetljeća bilo ograničeno. Vrijednost mineralnih sirovina je promjenjiva, ovisno o tržišnim potrebama, zbog čega je jedan od zadataka Ministarstva gospodarstva i održivog razvoja, Sektora za rudarstvo, kontinuirana valorizacija njihove vrijednosti.

Eksploatacija i korištenje mineralnih sirovina dio je ukupne gospodarske aktivnosti zemlje te na taj način doprinosi ukupnom rastu društvenog proizvoda. Istodobno rast društvenog proizvoda zahtijeva i povećanje uporabe mineralnih sirovina što pretpostavlja njihovu uzajamnu povezanost. Ocjenjujući značaj rudarstva i njegov doprinos ukupnoj gospodarskoj djelatnosti, mora se uvažiti i ispravno vrednovati činjenica da je rudarstvo gospodarska grana koja stvara nove vrijednosti, te potiče i podržava rad čitavog niza drugih proizvodnih gospodarskih grana (energetika, graditeljstvo, prerađivačka industrija ...).

Proteklo petogodišnje razdoblje, s aspekta rudarske djelatnosti u Republici Hrvatskoj je bilo dinamično i proaktivno. Značajno je naglasiti da je Ministarstvo gospodarstva i održivog razvoja, sukladno odredbama Zakona o rudarstvu, zaključno sa 2018. godinom, od Ureda državne uprave u županijama, sukcesivno preuzelo nadležnost za mineralne sirovine za proizvodnju građevnog materijala: tehničko-građevnog kamena (amfibolit, andezit, bazalt, dijabaz, granit, dolomit, vapnenac), građevnog pijeska i šljunka iz neobnovljivih ležišta, građevnog pijeska i šljunka iz morskog dna, ciglarske gline. Nadalje, u praksi i dosadašnjem iskustvu se pokazalo da neaktivna eksploatacijska polja mineralnih sirovina nisu odgovarajuće planirana u prostorno-planskoj dokumentaciji, te se osnovom te činjenice nije moglo pristupiti ponovnoj aktivaciji eksploatacijskih polja, niti postupku sanacije rudarskim radovima otkopanih prostora eksploatacijskih polja mineralnih sirovina. Dosadašnje zakonske odredbe Zakona o rudarstvu iz 2013. godine, kojima je uređena problematika sanacije eksploatacijskih polja mineralnih sirovina (izvanredna sanacija članak 102. i 103. te izvođenje rudarskih radova u posebnim situacijama članak 104.) nisu niti jedanput konzumirane, odnosno po njima nije bio proveden niti jedan postupak sanacije rudarskim radovima otkopanih prostora. Stoga je Ministarstvo gospodarstva i održivog razvoja, pripremilo i u zakonsku proceduru uputilo prijedlog izmjena i dopuna Zakona o rudarstvu.

Damir Foretić

KLESARSKI RADOVI U XIX STOLJEĆU I PRIMJENA 3D CRTANJA U PRIPREMI KLESARSKIH RADIONIČKIH NACRTA DANAS,

Prikazat će se nekoliko snimaka originalnih nacrta kamenih elemenata i dijelova katedrale iz arhiva Riznice Zagrebačke katedrale bečkog arhitekta Schmidta koje je izradio njegov atelje u Beču prije potresa 1880. god., kao i nacrte H. Bolléa koje su rađeni nakon potresa i prema kojima su se klesali kameni elementi. Posebno se ističu detalji profilacija kojima je obilovala neogotika.

Na obnovi katedrale Bollé je u to vrijeme imao preko 100 zaposlenih klesara.

Prikazat će se i nacrti klesarskih majstora s otoka Vrnika koji su izučavali klesarski zanat i usavršavali na Bolléovoj školi u Zagrebu. Danas je to Škola primijenjene umjetnosti i dizajna Zagreb, jedna je od najstarijih srednjih škola u Hrvatskoj.

Prezentirat ćemo nacrte pribavljene iz Budimpeštanskog arhiva u sklopu konstruktivne obnove crkve i samostana sv. Franje u Zagrebu. Riječ je o nacrtima postojećeg stanja iz 1790. godine.

Na kraju pokazat ćemo i dio nacrta koje smo radili u tvrtki ARBI d.o.o. i FORETIĆ I SINOVI d.o.o., a bili su dio Izvedbenih projekata za pojedine dijelove obnove od 1993 - 2020. zaključno s potresom iz ožujka. Kameni elementi su se izvodili na temelju detaljnih nacrta i kiparskih modela kroz sve faze obnove zvonika, zapadnog pročelja i portala prilikom ove zadnje obnove-restauracije Zagrebačke katedrale kroz sada već trideset godina.

Nadam se da će se postignuti standard klesarskih projekata održati i u budućnosti nakon protupotresne konstruktivne sanacije koja je u tijeku.

Trpimir Kujundžić, Tomislav Korman, Ruža Purkić

MOGUĆNOST PRIMJENE ALTERNATIVNIH IZVORA ENERGIJE PRI EKSPLOATACIJI ARHITEKTONSKO GRAĐEVNOG KAMENA

U skladu sa strategijom razvoja Republike Hrvatske i težnji ka energetskoj tranziciji na čiste energije, u potrazi za zelenom energijom budućnosti primjenjivom u rudarstvu, analizira se mogućnost primjene alternativnih izvora energije. S obzirom da Hrvatska energetska strategija prepoznaje vodik i njegovu upotrebu u strategiji razvoja transporta u periodu do 2030. godine u cilju smanjenja emisija ugljičnog dioksida, uspoređen je vodik s drugim pogonskim energijama, dizelskim gorivom i električnom energijom. Opisane su metode proizvodnje vodika, one već razvijene i one u eksperimentalnoj fazi. Napravljen je pregled dosadašnjih dostignuća u rudarskim tvrtkama u svijetu koje nastoje implementirati svjetska nastojanja ka dekarbonizaciji gospodarstva i redukciji emisija ugljičnog dioksida. Analizira se mogućnost primjene obnovljivih izvora energije pri eksploataciji arhitektonsko – građevnog kamena.

Ključne riječi: rudarstvo, energija, arhitektonsko građevni kamen

Anil Taneja
Director LITOSonline.com. Natural stone industry magazine, Madrid

HOW THE NATURAL STONE IS REINVENTING ITSELF

In today's world when change of almost every aspect of the business, economic, technological, competitive environment changes in the blink of an eye, companies in every industry need to be very innovative, flexible and agile in adapting to the circumstances. The natural stone industry, too, has had to adapt to the new environment and, in many ways, often imperceptible, many companies have shown that they can be as creative as any and are starting to come out with new commercial products, new textures and new finishes, and responding in creative ways to the new sensibilities regarding environment and sustainability.

NEW FINISHES AND TEXTURES

A little more than a decade ago, most people would have been aware of only a few finishes and textures which the stone industry would offer to the outside world. The polish, honed, flamed, bush hammered finish, aged, etc. were the ones most were familiar with. Today, some companies are able to offer a mind blowing varieties of finishes and textures, there are so many that some of them do not even have a name, the manufacturers sometimes allot a number or a code to a particular texture. These new textures often completely change the aesthetics of a particular stone giving it a totally fresh look and offering interior designers a wide range to choose from.

DESIGNS IN TRADITIONAL APPLICATIONS

There is also greater emphasis on design in traditional applications. In floorings, for example, some companies are now offering designs which are inspired in carpets. Floorings of carpet designs made of natural stone in the entrance or the living room give any home a totally different look, an air of hospitality and luxury (without the hassles of constantly cleaning the carpet !).

Or the simple bathroom. Even a shower tray made of natural stone nowadays has a very high component of design, let alone the bathroom itself, which everyone is familiar with.

NEW APPLICATIONS

FOR THE HOME

Then there are new applications in natural stone, some of them still so few in number that most people have not seen them or are even aware of them. For example, there are some companies which have specialised in furniture in the living room, or the kitchen.

And how about personalising a dining table ? In most families, most members of a household have their favourite chair at the table. Why not add a personal touch and engrave something unique to every person, perhaps the name, or just engrave an image of a cat where the little girl sits ?

Why not have a wine rack made of natural stone in the house ? One for red wine, another for white wine ! Not enough space in the house? No problem, a small one will do. You want to make it the centre piece of your huge living or dining room ? That too can be done.

Then there is also furniture for exteriors, to be placed in one's garden, and that is where a family ends up spending the whole day, having meals during the holidays or beer with friends and neighbours once spring arrives, and during the long summer evenings.

COMMERCIAL APPLICATIONS

Then there are other commercial applications. Loungers to be placed around the swimming pools of hotels making cleaning so much easier, and saving a lot of money to the hotel at the same time.

Or cuttlery in restaurants, made of stone. The range of designs is infinite. (A secret- many top end restaurants already have cuttlery made of natural stone, of different shapes and sizes and stones for different dishes).

CONCLUSION

The great virtue of natural stone lies in its versatility. Almost anything can imagine, it can be made in natural stone. Natural stone is not just a luxurious product, it gives a taste of luxury to every application that one makes with it. Start imagining what more can be done

Damir Kurtović, dipl.ing.el., Odjel za pristup mreži
Josip Letica, dipl.ing.el., Odjel za zajedničke poslove

OBNOVLJIVI IZVORI ENERGIJE NA PODRUČJU DP»ELEKTRODALMACIJA« SPLIT

1. **DP »ELEKTRODALMACIJA« SPLIT**

Djelatnost distribucije električne energije je posljednja sastavnica sustava, koja je odgovorna za isporuku električne energije kupcima. Ta djelatnost obavlja se u tvrtki HEP Operator distribucijskog sustava d.o.o. (HEP ODS).

Uz razdiobu električne energije preuzete iz prijenosne mreže i brigu za pouzdanu opskrbu kupaca, prodaju, mjerenje, obračun i naplatu isporučene električne energije, HEP ODS je odgovoran za održavanje distribucijske mreže i postrojenja, zamjene i rekonstrukcije te razvoj.

Dužnosti operatora distribucijske sustava su: siguran, pouzdan i učinkovit pogon distribucijske mreže; osiguravanje nepristranosti prema korisnicima distribucijske mreže, uključujući povezana društva unutar HEP grupe, davanje informacija korisnicima mreže koje su im potrebne za učinkovit pristup i korištenje mreže; osiguravanje pristupa mreži prema reguliranim, razvidnim i nepristranim načelima i briga o gubicima u mreži i svakogodišnjoj analizi gubitaka.

Unutar HEP ODS-a postoji 21 distribucijsko područje.

DP »Elektrodalmacija« Split opskrbljuje električnom energijom kupce na 310.468 mjernih mjesta, na svim naponskim razinama do 35 kV i kategorijama potrošnje.

Površina je 5030 km^2 i obuhvaća Splitsko-dalmatinsku županiju te gradove Ploče i Metković.

Poslovanje tvrtke organizirano je kroz 3 Službe, 3 Odjela i Centar za terenske aktivnosti.

Obuhvaća područje grada Splita te 11 terenskih jedinica (Trogir, Omiš, Makarska, Ploče, Metković, Vrgorac, Imotski, Sinj, Brač, Hvar i Vis)

Struktura elektroenergetskog sustava:

Duljina 35 kV mreže:	607,5 km
Duljina 20(10) kV mreže:	3.655,9 km
Duljina 0,4 kV mreže:	8.950,4 km
Ukupna duljina mreže:	13.213,8 km
Broj transformatorskih stanica 110/x kV:	22
Broj transformatorskih stanica 35/x kV:	39
Broj transformatorskih stanica 20(10)/0,4 kV:	2.737
Broj obračunskih mjernih mjesta – ukupno:	310.468

Shodno dužnostima operatora distribucijskog sustava, vrše se konstantna ulaganja u postojeću elektroenergetsku mrežu, kao i u izgradnju novih pojnih točaka.

Pregled financijskih ulaganja u kapitalne objekte

REALIZIRANI KAPITALNI OBJEKTI U ZADNJIH PET GODINA	
DV 20 kV Sutivan - Milna	7.200.000
TS 110/20(10) kV Ploče i KB rasplet 20 kV	33.000.000
KB 35 kV Postira - Nerežišća	6.900.000
TS 35/20(10) kV Hrvace (1.faza)	10.200.000
Rekonstrukcija TS 110/20 Visoka	8.800.000
TS 110/20(10) kV Imotski	18.400.00
2 x DV 20 kV Vrlika - Kosore	1.900.000
DV 20(10) kV Hrvace Bitelić	2.200.000
KB 20 kV Rasplet Stari Grad - Pitve	2.500.000
PKB 35 kV Podgora - Hvar	14.500.000
KB 20 kV Podgora - Živogošće	4.000.000
PKB 20 kV Vinišće - Drvenik	3.500.000
Rekonstrukcija TS 110/35 Makarska	19.000.000
Rekonstrukcija TS 110/35 Sinj	6.500.000
KB 35 i 20 kV Trogir - Marina	18.500.000
Rekonstrukcija TS 110/35 Sućidar	35.000.000
Rekonstrukcija TS 110/35 Meterize	6.500.000
Rekonstrukcija TS 35/20(10) kV Marina	1.500.000
Rekonstrukcija TS 35/20(10) kV Hvar	3.500.000
ukupno:	**203.600.000**

KAPITALNI OBJEKTI U TIJEKU S IZNOSIMA	
TS 35/20(10) kV Lećevica i priključni KB/DV	16.200.000
Rekonstrukcija TS 110/35 Trogir	14.000.000
TS 35/20(10) kV Bogomolje	11.000.000
TS 110/20(10) kV Terminal	40.000.000
DV 35 kV Opuzen - Brist	2.000.000
Poslovna zgrada TJ Imotski	9.000.000
ukupno:	**92.200.000**

PLANIRANI KAPITALNI OBJEKTI S IZNOSIMA	
Prijelaz na 20 kV Dugopolje	15.000.000
RS 35 kV i 20 kV Kraljevac	10.000.000
DV 35 kV Opuzen - Brist	2.000.000
TS 110/20(10) kV Kaštela	30.000.000
Prijelaz na 20 kV Ploče	15.000.000
TS 35/20(10) kV Vrlika	4.000.000
TS 35/20(10) kV Žedno	11.000.000
TS 35/20(10) kV Supetar	11.000.000
TS 35/20(10) kV Brist	11.000.000
ukupno:	**109.000.000**

2. OBNOVLJIVI IZVORI ENERGIJE NA PODRUČJU DP »ELEKTRODALMACIJA« SPLIT

Obnovljivi izvori energije u hrvatskom se Zakonu o energiji definiraju kao: »*izvori energije koji su sačuvani u prirodi i obnavljaju se u cijelosti ili djelomično, posebno energija vodotoka, vjetra, neakumulirana sunčeva energija, biodizel, biomasa, bioplin, geotermalna energija itd.*«

Obnovljivi izvori energije su:

- kinetička energija vjetra (energija vjetra)
- Sunčeva energija
- biomasa
- toplinska energija Zemljine unutrašnjosti i vrući izvori (geotermalna energija)
- potencijalna energija vodotoka (vodne snage)
- potencijalna energija plime i oseke i morskih valova
- toplinska energija mora

Republika Hrvatska se, kao članica Europske unije, obvezala na prihvaćanje europskog klimatsko-energetskog paketa koji podrazumijeva i Direktivu 2009/28/EZ o poticanju uporabe energije iz obnovljivih izvora. Prihvaćanjem direktive, Hrvatska je preuzela obvezu povećanja uporabe energije iz obnovljivih izvora, pri čemu je u 2020. godini udio energije iz obnovljivih izvora u bruto neposrednoj potrošnji trebao iznositi najmanje 20%, promatrano na razini EU.

HEP do 2030. godine planira povećati udjel obnovljivih izvora energije s 35 na više od 50 posto.

Taj cilj planira postići revitalizacijom, odnosno povećanjem snage i proizvodnje postojećih hidroelektrana, izgradnjom novih hidroelektrana te ulaganjima u vjetroelektrane, sunčane elektrane i ostale obnovljive izvore energije.

Priključenje distribuiranih izvora na mrežu HEP ODS-a izvodi se na 0,4 kV, 20(10) kV i 35 kV naponskom nivou.

Na mrežu HEP ODS-a, s danom 1.3.2023., priključeno je 8187 izvora obnovljive energije (uključujući i kupce s vlastitom prozvodnjom), ukupne snage 628,45 MW.

Na području DP »Elektrodalmacija« Split, zaprimljeni su zahtjevi za priključenje:

– Vjetroelektrana
– Sunčanih elektrana
– Kogeneracijskih postrojenja
– Malih hidroelektrana
– Bioplinskih postrojenja

Na mrežu su trenutno priključena 594 izvora obnovljive energije, ukupne snage 34,5 MW.

Sunčana elektrana Vis (3,5 MW)

Mala hidroelektrana Prančevići (1,6 MVA)

Vjetroelektrana Kom-Orjak-Greda (10 MW)

Sunčana elektrana Kosore-Jug (2,1 MW)

3. PRIKLJUČENJE PROIZVOĐAČA ELEKTRIČNE ENERGIJE NA ELEKTROENERGETSKU MREŽU HEP ODS-A SUKLADNO NOVOJ ZAKONSKOJ REGULATIVI

a. Zakon o tržištu električne energije

U skladu s novim uređenjem iz Zakona o tržištu električne energije (NN 111/2021), za izgradnju novog proizvodnog postrojenja, osim u slučaju jednostavnih građevina određenih propisima o prostornom uređenju i gradnji, potrebno je provesti postupak izdavanja energetskog odobrenja za proizvodno postrojenje pred nadležnim Ministarstvom.

Pravna ili fizička osoba koja je zainteresirana za gradnju proizvodnog postrojenja, u pisanom obliku Ministarstvu iskazuje interes za gradnju predmetnog postrojenja na određenoj lokaciji. Uz iskaz interesa, pravna ili fizička osoba koja je zainteresirana za gradnju proizvodnog postrojenja dužna je dostaviti preliminarno mišljenje operatora prijenosnog sustava i/ili ODS-a o mogućnosti priključenja te o mogućim opcijama za priključenje na elektroenergetsku prijenosnu i/ili distribucijsku mrežu. Navedeno preliminarno mišljenje ODS ili OPS izdaju nakon izrade Elaborata mogućnosti priključenja (EMP).

Na temelju odluke o odabiru najpovoljnije ponude, Ministarstvo izdaje energetsko odobrenje koje ne jamči njegovu nositelju da će moći izgraditi proizvodno postrojenje, nema pravnih učinaka na vlasništvo i druga stvarna prava na prostoru (nekretnini) koji je odobren i ne predstavlja pravnu osnovu za ulazak u posjed nekretnine, ali se smatra dokazom pravnog interesa u svrhu ishođenja akata potrebnih za izgradnju objekata za proizvodnju električne energije ili postrojenja za skladištenje energije.

b. Pravila o priključenju na distribucijsku mrežu

Priključenje proizvođača, kada izgradnja proizvodnog postrojenja ne spada u jednostavne građevine odnosno radove, u skladu s propisima iz područja gradnje provodi se po posebnoj proceduri, koja pored redovnog postupka priključenja uključuje i predpostupak priključenja.

Predpostupak priključenja proizvođača provodi se u svrhu ishođenja energetskog odobrenja za izgradnju proizvodnog postrojenja u skladu s odredbama ZOTEE-a

Predpostupak priključenja proizvođača

Osnovni koraci predpostupka priključenja proizvođača energije prikazani su na slici, a sastoje se od:

- zahtjeva za dostavu podataka o stanju u mreži za potrebe izrade EMP-a
- dostave podataka o stanju u mreži za potrebe izrade EMP-a
- izrada EMP-a
- zahtjeva za izdavanje preliminarnog mišljenja ODS-a na izrađeni EMP
- pregled i ocjena EMP-a od strane ODS-a
- dostava preliminarnog mišljenja ODS-a

Ovlašteni izrađivač EMP-a elektroničkim putem, podnosi ODS-u zahtjev za dostavu podataka o stanju u mreži za potrebe izrade EMP-a, nakon čega ODS dostavlja podatke o stanju u mreži ovlaštenom izrađivaču EMP-a.

Ovlašteni izrađivač EMP-a je dužan u roku od 30 dana, izraditi EMP te ODS-u predati zahtjev za dostavu preliminarnog mišljenja na izrađeni EMP.

ODS u roku od 30 dana od dana zaprimanja zahtjeva, dostavlja ovlaštenom izrađivaču EMP-a preliminarno mišljenje o mogućnosti priključenja ili odbija izdati preliminarno mišljenje i traži doradu EMP-a.

1. Elaborat mogućnosti priključenja (EMP)

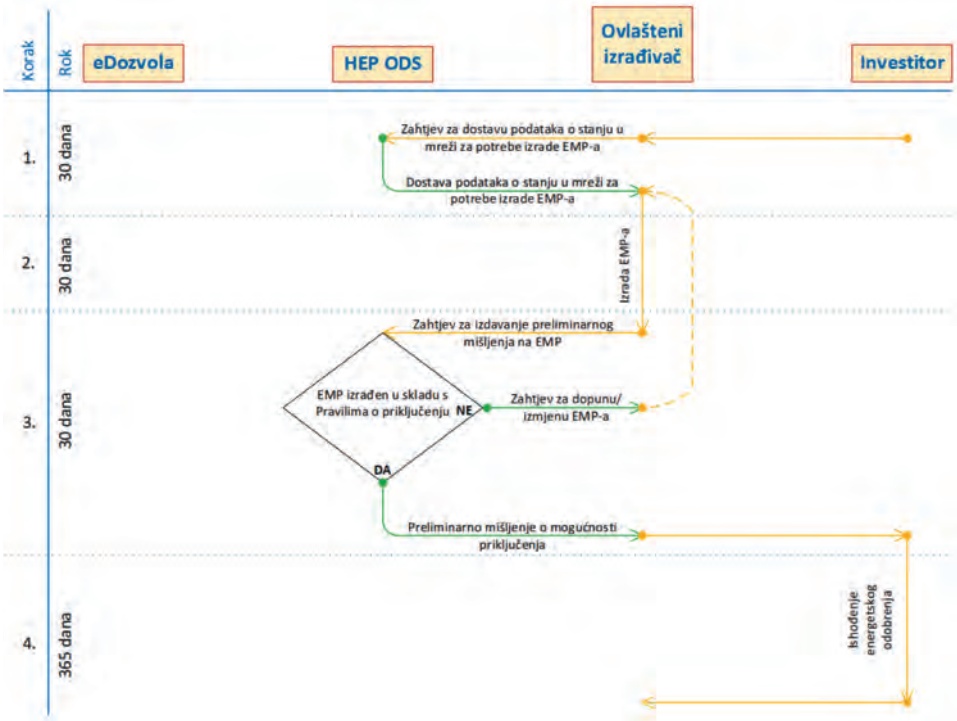
EMP se izrađuje u svrhu sagledavanja mogućnosti proizvođača, te u svrhu utvrđivanja mogućih mjesta priključenja na mrežu i tehničkih rješenja izvedbe priključka.

EMP može izraditi samo ovlašteni izrađivač, koji se nalazi na listi ovlaštenih izrađivača EMP-a ODS-a.

EMP se izrađuje na predlošku ODS-a, te sadrži:

- ocjenu mogućnosti priključenja na mrežu
- razmatrane opcije izvedbe priključka
- prijedlog optimalnog tehničkog rješenja priključenja na mrežu.

U sklopu sagledavanja mogućnosti priključenja ili povećanja priključene snage, u EMPu se ne provodi analiza postojanja tehničkih uvjeta u dubini mreže, već se provjerava da li je priključenje proizvodnog postrojenja, u skladu s odredbama Mrežnih pravila u kojima se definira maksimalna priključna snaga svih proizvod-



nih postrojenja koji se mogu priključiti na SN mrežu napajanu iz transformatorske stanice TS VN/SN, uvažavajući aktualni desetgodišnji plan razvoja mreže ODS-a.

EMP treba sagledati različite mogućnosti priključenja na mrežu, u ovisnosti o konfiguraciji mreže u okolini razmatrane lokacije, te predložiti optimalno tehničko rješenje priključenja, uvažavajući aktualni desetgodišnji plan razvoja mreže ODS-a.

2. Preliminarno mišljenje o mogućnosti priključenja

Preliminarno mišljenje o mogućnosti priključenja sadrži ocjenu mogućnosti priključenja uvažavajući aktualni desetgodišnji plan razvoja mreže ODS-a, optimalno tehničko rješenje priključenja i procijenjeni rok za izgradnju priključka.

Preliminarno mišljenje o mogućnosti priključenja ne jamči mogućnost priključenja s punom priključnom snagom, odnosno moguće je da ODS uvjetuje priključenje s mogućnošću operativnog ograničenja korištenja priključne snage, ako se u EOTRP-u utvrdi da je potrebno stvarati tehničke uvjete u mreži.

Preliminarno mišljenje o mogućnosti priključenja ne jamči mogućnost priključenja na mrežu ako bi se priključenjem premašila maksimalno dopuštena priključna snaga svih proizvodnih postrojenja koja se priključuju na SN mrežu napajanu iz transformatorske stanice TS VN/SN, u skladu s Mrežnim pravilima, iz razloga što je nakon izdavanja preliminarnog mišljenja ODS sklopio ugovore o priključenju za druga proizvodna postrojenja, odnosno ako su druga proizvodna postrojenja započela redovan postupak priključenja.

Redovan postupak priključenja proizvođača

Redovan postupak priključenja proizvođača provodi se nakon ishođenja energetskog odobrenja u skladu s odredbama ZOTEE-a.

Osnovni koraci redovnog postupka priključenja proizvođača prikazani su na slici, a sastoje se od:

- zahtjeva za dostavu podataka za potrebe izrade EOTRP-a i dostave istih
- izrade EOTRP-a
- zahtjeva za izdavanje odluke o prihvatljivosti EOTRP-a, i dostave odluke
- sklapanja ugovora o priključenju
- izdavanja EES
- izdavanja potvrde glavnog projekta
- uplate naknade za priključenje
- izgradnje priključka i stvaranja uvjeta u mreži
- sklapanja ugovora o korištenju mreže
- stavljanja priključka pod napon i izdavanja potvrde o početku korištenja mreže
- pokusnog rada i izdavanja potvrde za trajni pogon, ako je u EES uvjetovan pokusni rad

Ovlašteni izrađivač EOTRP-a, podnosi ODS-u zahtjev za dostavu podataka o stanju u mreži za potrebe izrade EOTRP-a, a ODS u roku od 30 dana dostavlja podatke o stanju u mreži ovlaštenom izrađivaču EOTRP-a.

Ovlašteni izrađivač EOTRP-a je dužan u roku od 90 dana, izraditi EOTRP te ODS-u predati zahtjev za izdavanje odluke o prihvatljivosti EOTRP-a. ODS dostavlja ovlaštenom izrađivaču EOTRP-a odluku o prihvatljivosti EOTRP-a ili traži doradu EOTRP-a.

U roku od 30 dana od izdavanja odluke o prihvatljivosti EOTRP-a od strane ODS-a, ODS dostavlja investitoru na potpis ugovor o priključenju koji je dužan potpisati i vratiti ODS-u u roku od 60 dana, a u protivnom odluka o prihvatljivosti EOTRP-a prestaje važiti.

Ako je u EOTRP-u utvrđeno da je u svrhu priključenja proizvođača potrebno stvarati uvjete u prijenosnoj mreži, sklapa se tripartitni ugovor o priključenju između investitora, ODS-a i operatora prijenosnog sustava.

ODS temeljem zaprimljenog urednog i potpunog zahtjeva za izdavanje EES za priključenje proizvođača i sklopljenog ugovora o priključenju, izdaje EES u roku od 15 dana od dana zaprimanja zahtjeva.

U slučaju da investitor nije vratio potpisan ugovor o priključenju unutar roka, ODS rješenjem odbacuje zahtjev za izdavanje EES i obavještava podnositelja zahtjeva o potrebi ponavljanja procedure za ishođenje odluke o prihvatljivosti EOTRP-a.

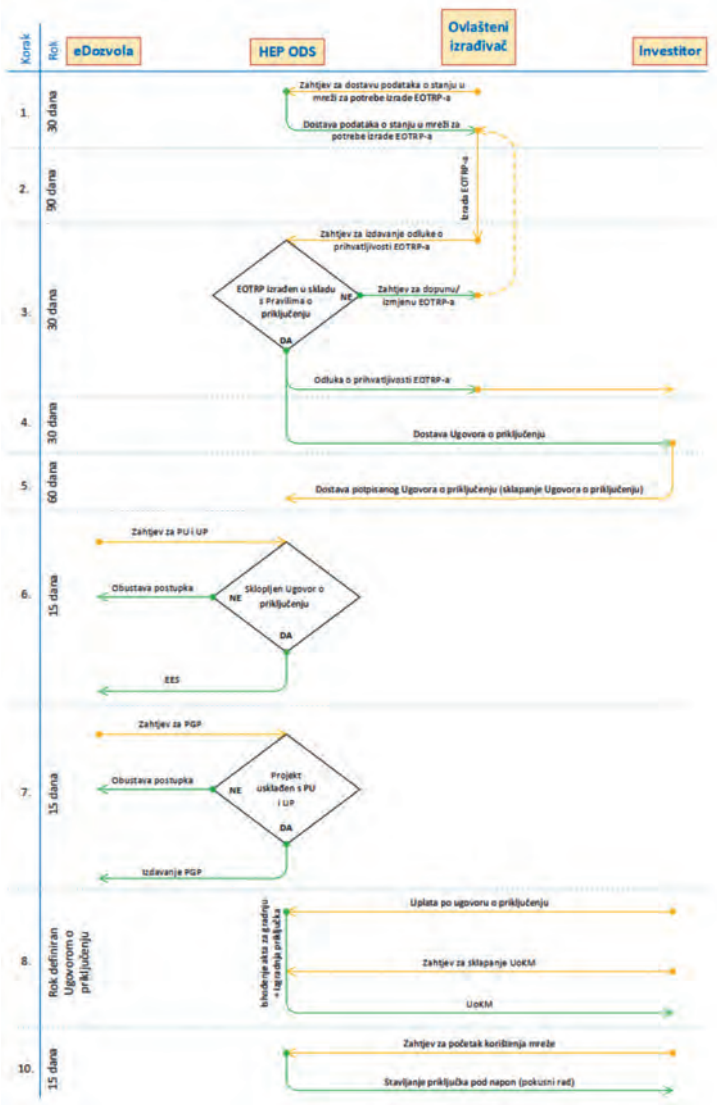
Nakon ishođenja EES, a prije podnošenja zahtjeva za sklapanje ugovora o korištenju mreže, potrebno je ishoditi potvrdu glavnog projekta priključivane građevine, ako je izrada glavnog projekta i izdavanje potvrde propisano propisima kojima se uređuje područje gradnje.

Nakon izgradnje svoje građevine i ispunjenja svih uvjeta za početak korištenja mreže, investitor podnosi zahtjev za sklapanje ugovora o korištenju mreže s prilozima.

Nakon sklapanja ugovora o korištenju mreže, korisnik mreže podnosi zahtjev za početak korištenja mreže s propisanim prilozima. Temeljem zahtjeva za početak korištenja mreže, ODS, uz nazočnost korisnika mreže, stavlja priključak pod napon, čime započinje korištenje mreže.

Nakon uspješnog stavljanja priključka pod napon, ODS izdaje potvrdu o početku korištenja mreže.

Korisnik mreže kojem je u EES uvjetovan pokusni rad, provodi pokusni rad s mrežom, uz nazočnost predstavnika ODS-a.



1. Elaborat optimalnog tehničkog rješenja priključenja

EOTRP se izrađuje u svrhu:

- utvrđivanja mogućnosti priključenja ili povećanja priključne snage uz provjeru postojanja tehničkih uvjeta u mreži
- utvrđivanja posebnih uvjeta i uvjeta priključenja u svrhu izrade idejnog ili glavnog projekta,
- utvrđivanja optimalnog tehničkog rješenja priključenja na mrežu,
- procjene troškova priključka i stvaranja tehničkih uvjeta u mreži.

EOTRP može izraditi samo ovlašteni izrađivač EOTRP-a, koji se nalazi na listi ovlaštenih izrađivača EOTRP-a ODS-a.

EOTRP se izrađuje na predlošku ODS-a, te sadrži minimalno:

- proračun tokova snaga, naponskih prilika i struja kratkog spoja, u skladu sa Smjernicama za provedbu proračuna u okviru EOTRP-a ODS-a
- ocjenu o postojanju tehničkih uvjeta u mreži, odnosno potrebnim zahvatima za stvaranje tehničkih uvjeta u mreži
- ocjenu o potrebi primjene operativnog ograničenja korištenja priključne snage
- tehničko rješenje priključenja na mrežu
- grafički prikaz priključka i stvaranja uvjeta u mreži na odgovarajućoj podlozi
- iznos naknade za priključenje

Kupac s vlastitom proizvodnjom priključne snage do uključivo 50 kW

Izdavanje EES nije potrebno za postojećeg krajnjeg kupca s priključnom snagom do uključivo 50 kW koji traži priključenje proizvodnog postrojenja na postojeću instalaciju, instalirane snage do iznosa priključne snage navedene u postojećoj EES ili ugovoru o korištenju mreže.

Vlasnik građevine podnosi ODS-u zahtjev za provjeru mogućnosti priključenja proizvodnog postrojenja na postojeću instalaciju, na tipskom obrascu operatora distribucijskog sustava.

Uz zahtjev za provjeru mogućnosti priključenja proizvodnog postrojenja na postojeću instalaciju prilaže se:

- idejni projekt ili idejno rješenje proizvodnog postrojenja
- dokaz vlasništva ili drugog stvarnog prava
- izjava korisnika mreže o pravnom interesu, u slučaju suvlasništva na građevini.

ODS temeljem urednog i potpunog zahtjeva za provjeru mogućnosti priključenja provjerava mogućnost priključenja i u roku od 15 dana izdaje obavijest o mogućnosti priključenja.

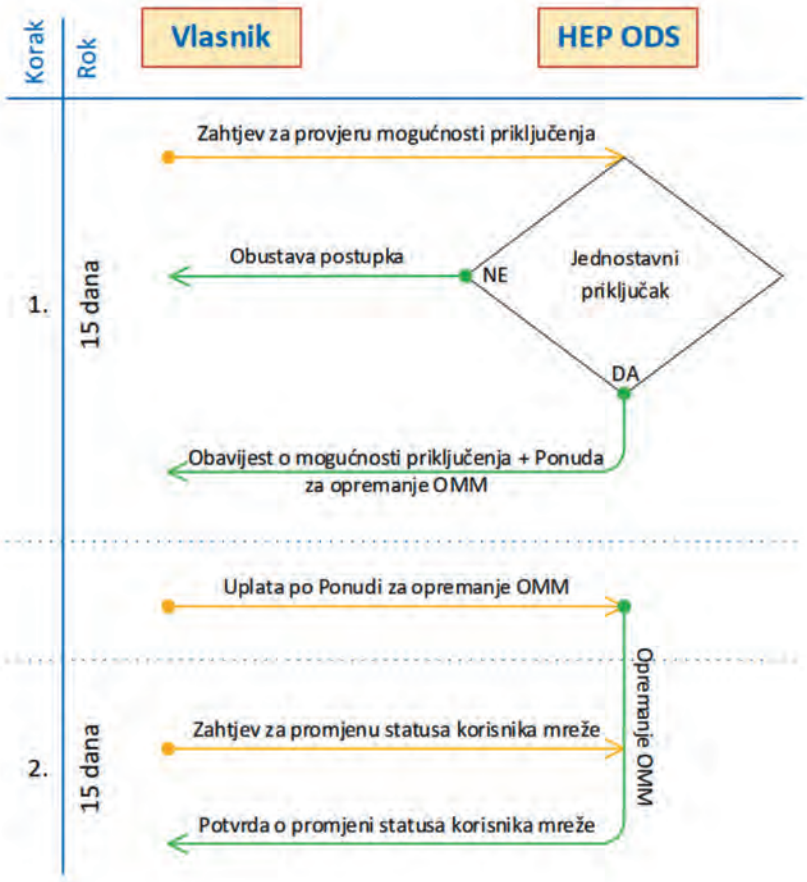
Obavijest o mogućnosti priključenja sadrži uvjete pod kojima postoji mogućnost priključenja, odnosno obrazloženje nepostojanja uvjeta za priključenje proizvodnog postrojenja na postojeću instalaciju po postupku iz ovog članka.

U slučaju postojanja mogućnosti priključenja, operator distribucijskog sustava, uz obavijest iz stavka 5. ovog članka, dostavlja podnositelju zahtjeva i ponudu za opremanje OMM prema cjeniku nestandardnih usluga HEP ODS-a.

Vlasnik građevine, nakon podmirenja cjelokupnih troškova iz ponude za opremanje OMM-a, izgradnje proizvodnog postrojenja, te ispunjavanja uvjeta iz obavijesti o mogućnosti priključenja, dostavlja ODS-u zahtjev za promjenu statusa korisnika mreže uz priloge;

- glavni projekt
- certifikat za ugrađenu opremu proizvodnog postrojenja,
- potvrda o uporabljivosti izvedene električne instalacije koja uključuje i Izjavu ispitivača električne instalacije o završnom pregledu i ispitivanju
- ugovor o opskrbi krajnjeg kupca kojim je reguliran i otkup električne energije.

Temeljem zaprimljenog zahtjeva za promjenu statusa korisnika mreže, ODS u roku od 15 dana od primitka urednog i potpunog zahtjeva, u sklopu potvrde za trajni pogon dostavlja vlasniku građevine i potvrdu o promjeni statusa, te novi ugovor o korištenju mreže.



Željko Dedić*, Nikolina Ilijanić & Erli Kovačević Galović

EUROLITHOS – ATLAS OF ORNAMENTAL STONE RESOURCES IN EUROPE

Croatian Geological Survey, Sachsova 2, HR-10000 Zagreb, Croatia
**corresponding author: zdedic@enhydro.hr*

European Ornamental Stone Resources (EuroLithos) EuroLithos seeked to shed light on yet another mineral resource that has been used for millennia and will be for centuries to come: ornamental stone. Europe's geology displays a rich diversity of stone resources that have left a significant impact on the common architecture and cultural heritage of Europe. In addition, these industries sustain a large number of jobs across the continent. In recent years, the sustainable qualities of ornamental stone, as a building material, have gained renewed attention, being more durable and climate friendly than concrete and other synthetic materials. EuroLithos had three main objectives:

- Develop harmonized map services for the most important European ornamental stone resources;
- Provide an 'ID-card' for such resources, and
- Provide guidelines on best practices regarding the sustainable management of those resources.

The project has created databases and maps for the 13 participating countries. The templates can be used to grow the database both by partner countries, and by including other countries.

EuroLithos is a pioneering project on Europe's natural stone resources. It had to overcome major challenges in terms of standardization and harmonization of data and information. The lack of appropriate INSPIRE terminology required EuroLithos to develop innovative solutions to integrate EN standard terminology with INSPIRE by developing a project specific vocabulary. The longstanding tradition of using natural stone in a wide variety of applications has led to specific norms and standards that cannot currently be reconciled with INSPIRE. EuroLithos developed a data framework for ornamental stone for spatial and technical information (*Carvalho and Heldal 2019; Heldal et al., 2019; Laskaridis and Heldal, 2021*). EuroLithos has compiled 1,219 unique European ornamental stone sources in partner countries with basic data in geopackages in EGDI. So far, about 350 of these are linked to detailed reports.

EuroLithos developed guidelines assessing the value of ornamental stone for society beyond its economic value (*Heldal and Dedić, 2021*). Case studies were carried out demonstrating best practice and underpin the final guidelines for as-

sessing the cultural value of ornamental stone resources on a local, regional, and national scale (*Dedić et al., 2020*). Atlases of ornamental stone resources were produced for Cyprus, Greece, Italy (as a whole and the Italian region of Emilia Romagna in particular), Norway, Portugal and Slovenia. These are stored in the EGDI repository. These atlases provide comprehensive information on the geology, ornamental stone deposits, their production, use, and heritage value in and for each country (*Carvalho et al., 2020*). Petrographic and physico-chemical properties are provided for each ornamental stone deposit. Missing data (e.g. some geochemical information) will be updated at a later stage. A scientific volume has been submitted for publication in a future dedicated volume of the NGU Bulletin (https://www.ngu.no/side/ngu-bulletin). The publication will be online with free access.

Stakeholders acknowledge and welcome the fundamental work and useful information provided by EuroLithos. Stakeholders made the following observations and recommendations:

- The main interested parties were not engaged to a large extent in the project, e.g. the stone industries, stone federations, the cities/municipalities (as one of the most important group of buyers of natural stone). For example, Europe's natural stone industry (e.g. EUROROC – https://www.euroroc.net/); the International Union of Geological Science (IUGS) initiative on Project 637 - Heritage Stone Designation (https://en.unesco.org/international-geoscience-programme/projects/637) and its national activities. Therefore, future work would benefit from stronger bonds to a wider stakeholder group and more communication outside the project team is recommended.
- The term 'ornamental stone' is limiting and it is suggested that 'natural stones' be used instead following European standardization, e.g. CEN / TC 246 'natural stones'.
- Although EuroLithos is mindful of the sustainability and durability of natural stone, unbiased science-based Life Cycle Analysis (LCA) and Environmental Product Declaration (EPD) studies are needed to underpin these properties of natural stone.

REFERENCES:

Carvalho J, Heldal T (2019) Summary on the nature and type of available spatial data in each country partner and framework for the Atlas. Eurolithos Deliverable D3.1. 34 pp. – URL: https://www.eurolithos.org/_files/ugd/2b8de6_2e98c02b99b14ba19f5cf-620d83db61f.pdf

Carvalho J, Heldal T, Hadjigeorgiou G, Hadjigeorgiou C, de Nardo, Laskaridis K, Arapakou A, Lucarini M, Fumanti F, Miletić S, Novak M (2020) Country-level atlases and a European Atlas of Ornamental Stones. Eurolithos Deliverable D3.3. 62 pp. – URL: https://www.eurolithos.org/_files/ugd/2b8de6_1cb3afa8fde14250994511d8e400fc4f.pdf

Dedić Z, Heldal T, Carvalho J, Cetean V, Hadjigeorgiou C, Martínez Martínez J, Lucarini M, Trajanova M (2020) Eurolithos case study collection. Eurolithos Deliverable D5.1. 25 pp. – URL: https://repository.europe-geology.eu/egdidocs/eurolithos/eurolithos-d51_hgi-cgs.pdf

Heldal T (2021) Preliminary draft for scientific publications. Eurolithos Deliverable D2.4. 4 p. [internal report]. Heldal T, Carvalho J, Laskaridis K, (2019) Data and information structure for the knowledge platform on European ornamental stone resources. Eurolithos Deliverable D6.1 15 p. [internal report].

Heldal T, Dedić Z (2021) Guidelines for assessing non-economic values of ornamental stone resources. Eurolithos Deliverable D5.2, 5.3, 5.4, 11 pp. – URL: https://repository.europe-geology.eu/egdidocs/eurolithos/d+52+-+54+eurolithos.pdf

Dedić Z, Heldal T, Carvalho J, Cetean V, Hadjigeorgiou C, Martínez Martínez J, Lucarini M, Trajanova M (2020) Eurolithos case study collection. Eurolithos Deliverable D5.1. 25 pp. – URL: https://repository.europe-geology.eu/egdidocs/eurolithos/eurolithos-d51_hgi-cgs.pdf

Laskaridis K, Heldal, T (2021) Working version on the directory containing information from selected countries and Guideline for using the Directory. Eurolithos Deliverable D4.1. – D4.2, 38 pp. – URL: https://repository.europe-geology.eu/egdidocs/eurolithos/eurolithos+d42.pdf

Karmela Šegvić
Split

INCLUSIVE STONE ERASMUS + PROJEKT

O projektu

Projekt Inclusive stone započeo je 1. veljače 2022., a traje do 31. siječnja 2024.

Projektni partneri, od kojih su neki dugogodišnji partneri Klesarske škole na Erasmus projektima, jesu: CTM – Asociación Empresarial de Investigación Centro Tecnológico del Mármol, Piedra y Materiales (Španjolska), DNV – German Natural stone Association (Njemačka), iED – Institute of Entrepreneurship Development (Grčka), FAMDIF-COCEMFE – Federación de Asociaciones Murcianas de Personas con Discapacidad Física y Orgánica (Španjolska) i Klesarska škola (Hrvatska).

Da bi se prilagodili načini učenja i razvoja vještina i sposobnosti osoba s invaliditetom, u svrhu zapošljivosti, nužno je osvještavanje poslodavaca o mogućnostima prilagodbe radnih mjesta te velikog neiskorištenog kapaciteta što ga osobe s invaliditetom imaju za rad.

Projekt Inclusive stone stoga ima za glavni cilj poticanje obrazovanja i zapošljavanja osoba s invaliditetom u sektoru kamenarstva. Jedna je od aktivnosti projekta i istraživanje potreba rada kod poslodavaca, u svrhu prikupljanja konkretnih informacija o problemima s kojima se susreću, kako bi se za njih mogla prilagoditi radna mjesta. Ključnu ulogu u zapošljavanju osoba s invaliditetom imaju i javne službe za zapošljavanje, škole, školske stručne službe, ali i ustanove koje zapošljavaju velik broj osoba s invaliditetom, a služe kao primjer dobre prakse.

Europska unija i radno sposobno stanovništvo

Istraživanja su pokazala da najmanje 16 posto radno sposobnog stanovništva Europske unije predstavljaju osobe s invaliditetom, od kojih mnoge imaju sposobnost i volju za radom što svakako uključuje i rad u sektoru kamenarstva. Možemo reći da osobe s invaliditetom predstavljaju značajan potencijal za razvoj gospodarstva i tržišta rada. Statistika Europske unije kaže da ih je samo 50 posto zaposleno, a to znači da su potencijali i dalje uvelike neiskorišteni i da postoji velik jaz između radno sposobnog stanovništva i zapošljavanja osoba s invaliditetom. Kako bi se omogućila njihova bolja integracija na tržište rada i sudjelovanje u razvoju i napretku društva, potrebno je odgovoriti na njihove potrebe.

Na razini Europske unije, istraživanja iz 2019. pokazala su da je rizik od siromaštva ili socijalne isključenosti za osobe s invaliditetom veći (28,4 %) nego za osobe bez invaliditeta (18,4 %). Posjedovanje određenih vještina i znanja preduvjet je za ulazak na tržište rada i pronalazak posla i zato je bitna suradnja obrazovnih institucija, javnih službi za zapošljavanje i poslodavca.

Pravna regulativa i strategije

Hrvatska je uredbama i direktivama, ali i strategijama Europske unije, u svoj pravni sustav unijela poprilično kvalitetne odredbe, u svrhu obrazovanja, zapošljavanja i poticanja poslodavaca na zapošljavanje osoba s invaliditetom.

Godine 2021. Europska komisija donijela je **Strategiju o pravima osoba s invaliditetom za razdoblje 2021. – 2030.** kojom je, između ostalog, napravljen i poseban osvrt u svrhu poboljšavanja pozicija osoba s invaliditetom na tržištu rada. Strategija upućuje sve države Europske unije da je nužno i obvezno obrazovanje prilagoditi svima i da svi moraju imati jednake mogućnosti za obrazovanje u željenoj struci te usmjeravanje ka tržištu rada. Ono što je svakako uočeno kao problem jest da mnoge strukovne škole nemaju pristup za osobe s invaliditetom i da uvjeti rada nisu prilagođeni i zbog toga ograničavaju osobe s invaliditetom u školovanju u određenoj željenoj struci. Zbog toga osobe s invaliditetom završavaju posebne strukovne škole, iz kojih je teže doći na otvoreno tržište rada. Time startna pozicija koja kreće od samog obrazovanja nije jednaka onoj koje imaju osobe bez invaliditeta.

Strategija navodi zapošljavanje kao jedan od pet glavnih prioriteta za osobe s invaliditetom. Obrazovanje i zapošljavanje temelji su za samostalnost, neovisnost i kvalitetan život. Europska komisija potiče socijalnu ekonomiju država članica Europske unije, kojom se pruža podrška zapošljavanju osoba s invaliditetom te su u tu svrhu dane posebne državne potpore za zapošljavanje radnika s invaliditetom.

Hrvatska u **Akcijskom planu izjednačavanja mogućnosti za osobe s invaliditetom za razdoblje 2021. – 2024. godine** propisuje osiguravanje kvalitetne pripreme za zapošljavanje kroz uključivanje osoba s invaliditetom u usluge profesionalne rehabilitacije i profesionalnog usmjeravanja. Isto tako uključuje i provedbu aktivne politike zapošljavanja osoba s invaliditetom te informiranje poslodavaca o potrebama i mogućnostima zapošljavanja osoba s invaliditetom. U akcijskom planu propisana je i inkluzija u strukovne srednje škole, što se temelji na dodatnom obrazovanju i podršci nastavnicima, ali i na stvaranju novih strukovnih dokumenata koji će prilagoditi rad potrebama učenika s invaliditetom.

Mnogi propisi Hrvatske usklađeni su s Europskom unijom i možemo reći da imamo kvalitetan zakonodavni okvir za provedbu svih ideja iz prethodno navedenih strategija i akcijskih planova. Jedan od zakona Republike Hrvatske koji je važno spomenuti jest **Zakon o profesionalnoj rehabilitaciji i zapošljavanju osoba s invaliditetom** koji je na snazi od 2013., tj. otkako je Hrvatska postala članica Europske unije, a zakon je izmijenjen 2020. godine.

Zakon jasno definira **profesionalnu rehabilitaciju**, kvote zapošljavanja osoba s invaliditetom, uređuje zapošljavanje i rad osoba s invaliditetom na otvorenom tržištu rada i pod u posebnim uvjetima, osnivanje, djelatnost te upravna i stručna tijela u centru za profesionalnu rehabilitaciju, integrativnoj radionici i zaštitnoj radionici, uređuje mjere za poticanje zapošljavanja i rada osoba s invaliditetom,

djelatnost i nadležnost Zavoda za vještačenje, profesionalnu rehabilitaciju i zapošljavanje osoba s invaliditetom te odgovornost za povrede odredaba Zakona.

Zakon propisuje **razumnu prilagodbu radnog mjesta**, a to znači potrebnu i odgovarajuću prilagodbu i podešavanja, koja ne predstavljaju nerazmjerno ili neprimjereno opterećenje, da bi se u pojedinačnom slučaju, ondje gdje je to potrebno, osobama s invaliditetom osiguralo zapošljavanje i rad na ravnopravnoj osnovi s drugima. Osobama s invaliditetom mora se omogućiti korištenje opreme, potrebno je prilagoditi infrastrukturu i prostor za rad, a da to ne bude prevelik teret za onoga tko je to dužan omogućiti. Zakon propisuje i **posebne uvjete zapošljavanja** osoba s invaliditetom, a to je zapošljavanje u ustanovi ili trgovačkom društvu osnovanom radi zapošljavanja osoba s invaliditetom kao i samozapošljavanje osoba s invaliditetom.

Važni propisi, u svrhu zaštite i podrške u zapošljavanju osoba s invaliditetom jesu: **Pravilnik o poticajima pri zapošljavanju osoba s invaliditetom od 1. siječnja 2021. godine, Pravilnik o sadržaju i načinu vođenja očevidnika zaposlenih osoba s invaliditetom, Pravilnik o profesionalnoj rehabilitaciji i Centrima za profesionalnu rehabilitaciju osoba s invaliditetom, Pravilnik o utvrđivanju kvote za zapošljavanje osoba s invaliditetom.**

Kvota zapošljavanja osoba s invaliditetom

Pravilnikom o utvrđivanju kvote za zapošljavanje osoba s invaliditetom propisuje se udio zaposlenih osoba s invaliditetom u ukupnom broju zaposlenih kod pojedinog poslodavca. Kvota se određuje u **visini od 3 posto** u odnosu na ukupan broj zaposlenih kod poslodavca, neovisno o djelatnosti koju poslodavac obavlja. Ustanova koja ima 20 i više zaposlenih dužna je zaposliti osobu s invaliditetom, a osoba mora biti zaposlena na najmanje 20 sati i mora biti u registru osoba s invaliditetom HZMO-a. Poslodavac koji **zapošljava više osoba** s invaliditetom od propisane kvote te poslodavac koji zapošljava manje od 20 radnika, među kojima su osobe s invaliditetom, ima pravo na novčanu nagradu u iznosu od 30 posto minimalne plaće mjesečno za svaku osobu s invaliditetom koja je veća u odnosu na propisanu kvotu, pod uvjetom da je ista upisana u očevidnik zaposlenih osoba s invaliditetom. Obveznik koji ne ispuni kvotu zapošljavanjem osoba s invaliditetom ili zamjenskom kvotom, dužan je mjesečno, prilikom obračuna plaća, obračunati i uplatiti novčanu naknadu u iznosu od 20 posto minimalne plaće za svaku osobu s invaliditetom koju je bio dužan zaposliti kako bi ispunio propisanu kvotu.

Zamjenske kvote

Obvezu kvotnog zapošljavanja poslodavac može ispuniti **zamjenskom kvotom.** To znači da može sklopiti ugovor o poslovnoj suradnji s osobom s invaliditetom koja se samozapošljava, može ugovoriti poslovnu suradnju sa zaštitnom radionicom i integrativnom radionicom, trgovačkim društvom, zadrugom ili udrugom u kojima više od polovine radnika čine osobe s invaliditetom, može ugovoriti obavljanje prakse za učenike ili studente s invaliditetom, može ugovoriti obavlja-

nje studentskog posla sa studentom s invaliditetom, dati jednu ili više stipendija za osobe s invaliditetom.

Ovo se čini kao odličan način da poslodavac sudjeluje u obrazovanju i zapošljavanju osoba s invaliditetom na različite načine koji njemu odgovaraju.

Zaključak

Projektnim aktivnostima daje se obol u postizanju jednakosti u ostvarivanju ljudskih prava i sudjelovanju osoba s invaliditetom u društvu, što prije svega uključuje obrazovanje i zapošljavanje. Sektor kamenarstva specifičan je između ostalog i po tome što je velik dio posla u današnje vrijeme strojna obrada, što zapravo znači da su velike mogućnosti, uz kvalitetno obrazovanje, postići i određenu stopu zaposlenih osoba s invaliditetom u klesarskoj struci. Kako bismo radili na tome, prije svega na obrazovanju usklađenom s potrebama koje odgovaraju osobama s invaliditetom, provodimo projektne aktivnosti u koje uključujemo i poslodavce, nastavnike, ali i učenike škole.

IZVORI

[1] Inclusive STONE – *Adaptative learning paths for employability of people with different skills in the Stone Sector*, Project Reference: 2021-1-DE02-KA220-VET-000033276.
[2] Akcijski plan izjednačavanja mogućosti za osobe s invaliditetom za razdoblje od 2021. do 2024. godine, studeni 2021., Hrvatska.
[3] Strategija o pravima osoba s invaliditetom 2021. – 2030. godine, ožujak 2021., Europska komisija.
[4] Nacionalni plan izjednačavanja mogućnosti za osobe s invaliditetom za razdoblje od 2021. do 2027. godine, studeni 2021., Hrvatska.
[5] Zakon o profesionalnoj rehabilitaciji i zapošljavanju osoba s invaliditetom (Narodne novine br. 75/2018, 120/2018, 37/2020, 145/2020).

Tamara Plastić
Pučišća

SASTANAK UDRUŽENJA EACD, ZALAKAROS, MAĐARSKA 10. – 11. XI. 2022.

Generalna skupština i sastanak Predsjedništva Udruženja EACD održani su u Mađarskoj, u gradu Zalakarosu, gdje se od 10. do 13. studenoga 2022. održavao tradicionalni nacionalni sastanak udruženja klesara. Na događanju se svake godine okupe klesari iz cijele Mađarske sa svojim obiteljima. Tako je bilo i ovoga puta te je sve proteklo u ugodnom druženju za što su se pobrinuli naši domaćini, tada aktualni predsjednik EACD-a Janos Kampfl i njegova pomoćnica Gabriella Csanadi.

U četvrtak, 10. studenoga u 18 sati održana je Skupština Udruženja. Predsjednik Janos Kampfl kao domaćin pozdravio je sve prisutne, a potom je predao riječ glavnom tajniku Norbertu Kienesbergeru. Skupštini su prisustvovali predsjednik Janos Kampfl, potpredsjednik DI Dr. Wolfgang Kippes, počasni predsjednik KommR TR Franz Bamberger, počasni član Gabriella Csanadi, Bernhard Gann EMC, direktor MMag. Ivan Gutschi, Balazs Karolyi, glavni tajnik ing. Norbert Kienesberger EMC, SR Adolf Moser EMC, Janos Nagy, Georg Obererlacher EMC, direktorica Tamara Plastić, GF Anna Singer, predsjednik EASMS-a Norbert Stoffel, graditelji katedrale Stefan Stubenhofer i Christian Vercayie.

Središnja tema skupa bile su preorijentacija i vizije budućnosti kao i konačno planiranje IV. EMC turneje. Novi ravnatelj škole u Halleinu, Johann Gutschi, najavio je istraživački centar za prirodni kamen koji bi se oformio u sklopu proširenja škole. To bi se proširenje radilo u suradnji sa Sveučilištem primijenjenih znanosti u Salzburgu. Norbert Stoffel izvijestio je o poticanju arhitekata u istočnoj Francuskoj u upotrebi kamena te poticanja izgradnje kuća od masivnog prirodnog kamena.

Tamara Plastić rekla je kako bi bilo dobro da zajedno rade na ovakvim temama, a također i iznađu načine financiranja takvih projekata jer i Klesarska škola također sa svoje strane ulaže dosta napora u aktualizaciji upotrebe arhitektonsko-građevnog kamena te upoznavanje mladih arhitekata, pa i kipara s kamenom. Zajednički je zaključak da prirodni kamen mora postati ekonomičniji, posebno u području toplinske izolacije i sanacije.

Prikupljene su sve informacije o osnivanju Udruge EACD u Austriji, a još 2021. izbrisana je iz registra Udruga u Luksemburgu. Statut je prilagođen austrijskom zakonu o udrugama. Sjedište je u Halleinu od 27. lipnja 2022. pod nazivom „Europsko udruženje za kreativno obrtništvo, kulturu gradnje i očuvanje spomenika“, registrirano skraćeno kao „EACD”.

Kienesberger predstavlja prijedlog za 20. godišnjicu EACD-a i 25 godina EMC-a.

Izglasano je novo predsjedništvo EACD-a 2022. u sastavu:

predsjednik ing. Norbert Kienesberger EMC,
potpredsjednik Ramon Eduard Keller EMC,
2. dopredsjednik dr. dipl. ing. Wolfgang Kippes,
bivši predsjednik Janos Kampfl, LI Mađarska,
blagajnik Andreas Schröder EMC,
glavna tajnica Anna Singer, Stone Center Hallein.

Također su izglasani i ostali članovi te savjetodavni odbor:

- Auditor KommR Franz Bamberger, počasni predsjednik,
- Auditor Johannes Schubert, voditelj radionice katedrale u Xantenu,
- Savjetodavni odbor Virginia Maria Tanzer, ravnateljica Škole kamena Laas,
- Savjetodavni odbor Tamara Plastić, ravnateljica Klesarske škole u Pučišćima,
- Savjetnik Corry Kussendrager EMC,
- Savjetodavni odbor MMag. lic Johann Gutschi, direktor HTL Hallein,
- Savjetodavni odbor Georg Obererlacher EMC,
- Savjetodavni odbor Bernhard Gann EMC, HTL Hallein,
- Savjetnik Stefan Stubenhofer, Dombauhüttenmeister Soest.
- Također g. Marcial Lopez izabran je za počasnog predsjednika.

Raspravljalo se o angažmanu udruženja u okviru WorldSkillsa i EUROROC-a. Jedan prijedlog bio je predavanje o EACD-u u školama.

Plastić predlaže promociju „Mobility Craft of Stonemason“ na razini Europske unije. Gann predlaže da EACD bude na platformi ERASMUS+ i da se registrira kako bi poslovni sudionici mogli platiti i putne troškove i stanarinu. Zaključeno je da je potrebno povećati broj članova udruženja. Najavljeni su:

sastanak predsjedništva 19. siječnja 2023. u Salzburgu,
završni ispit IV-EMC-Tour od 21. do 23. rujna,
predaja diploma i godišnja skupština EACD-a od 6. do 8. listopada 2023.

Sutradan, 11. studenoga 2023., održan je sastanak Predsjedništva EACD-a. Sastanku su prisustvovali: predsjednik Janos Kampfl, potpredsjednik DI Dr. Wolfgang Kippes, počasni predsjednik KommR TR Franz Bamberger, direktor Savjetodavnog odbora Tamara Plastić, Savjetodavni odbor Georg Obererlacher EMC, glavni tajnik ing. Norbert Kienesberger EMC, počasni član Gabriella Csanadi, Bernhard Gann EMC, direktor MMag. Johann Gutschi, Aaron Knust EMC, SR Adolf Moser EMC, LIM Mađarska Sandor Molnar, GF Anna Singer, Predsjednik EASMS Norbert Stoffel i glavni graditelj Stefan Stubenhofer. Glavna tema sastanka bila je organizacija završetka EMC turneje za magistre klasarstva. Do sada je odrađena obuka u 5 trening centara. Kandidati su za stjecanje naslova magistra klesarstva Balazs Karolyi, Janos Nagy i Christian Vercayie.

EMC turneja započela je u travnju 2019. u Beču, gdje su polaznici dobili uvod u znanstveni dio projekta. Prijavljena su 3 kandidata, nažalost, bez kandidata iz Njemačke i Hrvatske. U svibnju 2019. održana je prva obuka u sklopu Simpozija o prirodnom kamenu u Klesarskoj školi u Pučišćima. U rujnu 2019. obuka je održana u 2. centru, u Mađarskoj, te 3. u travnju 2022. u Baselu, a 4. dio ispita u Halleinu/Beču i u listopadu 2022. u Lasi. Završni dio rada mogao bi se provesti u Parizu ili u Kölnu/Soest/Xantenu u proljeće 2023.

JADRANKAMEN
PUĆIŠĆA

JADRANKAMEN

JADRANKAMEN
PUĆIŠĆA
JADRANKAMEN

JADRANKAMEN
PUĆIŠĆA

JADRANKAMEN

JADRANKAMEN
PUĆIŠĆA
JADRANKAMEN

JADRANKAMEN
PUĆIŠĆA

JADRANKAMEN

JADRANKAMEN
PUĆIŠĆA
JADRANKAMEN

JADRANKAMEN
PUĆIŠĆA

JADRANKAMEN

O.K. STIPE d.o.o

Pučišća, Brač, Hrvatska

E-mail: okstipe1992@gmail.com
Facebook: STIPE STONE
Instagram: OK STIPE
Kontakt: +38598360731

2019.

KLESARSKA RADIONICA
DRAŽEN JAKŠIĆ

116 godina živimo kamen

OTOK BRAČ

A
Donji Humac 75
21423 Nerežišća

T/M
+385 -0- 21 647 710
+385 -0- 98 211 952

www.drazen-jaksic.hr

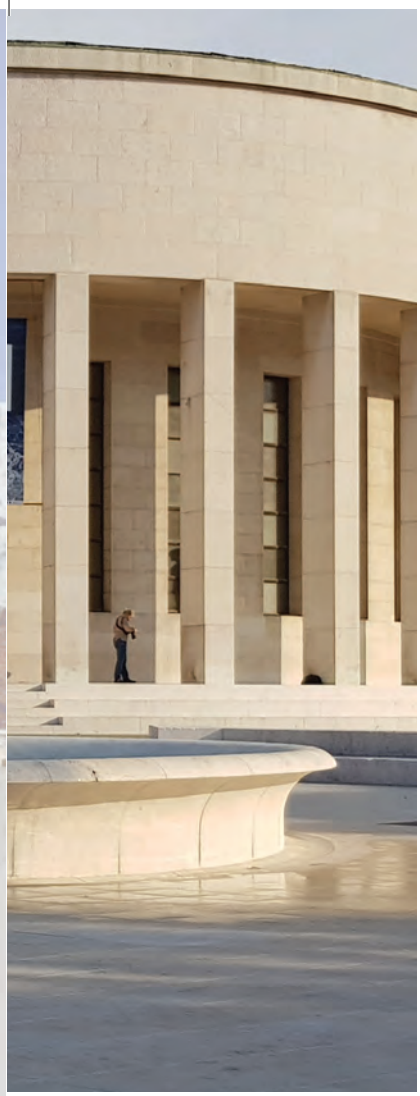
1903.

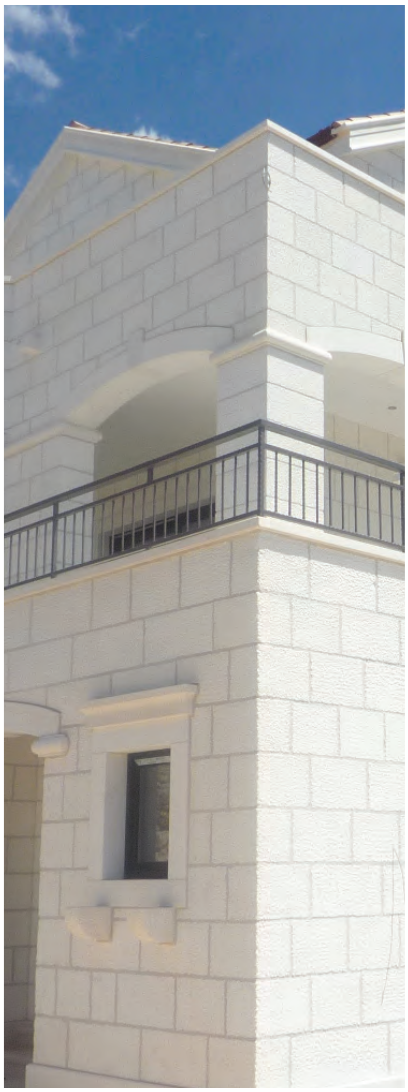
DALMALIT

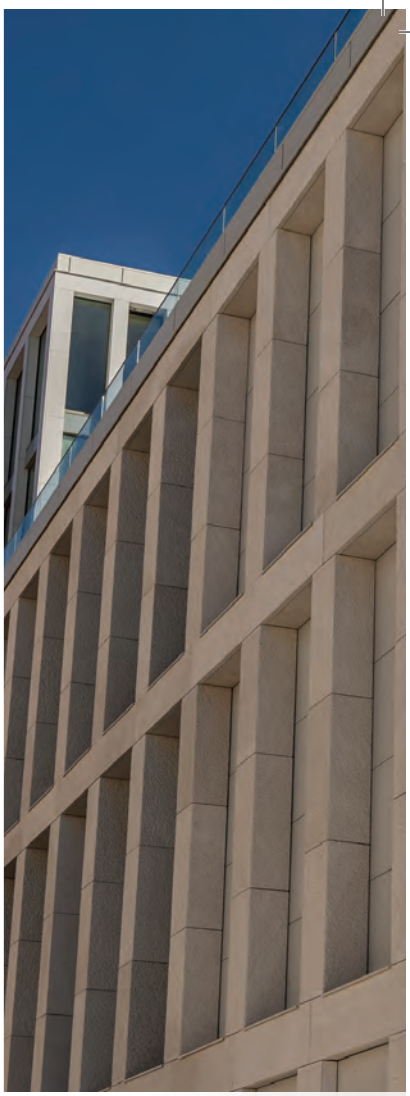
DALMALIT d.o.o.

21205 Dolac donji
E-mail: dalmalit@gmail.com
Mob.: 098 950 92 79

kamen **DOLIT**







FORMA
LIMESTONE OF CROATIA

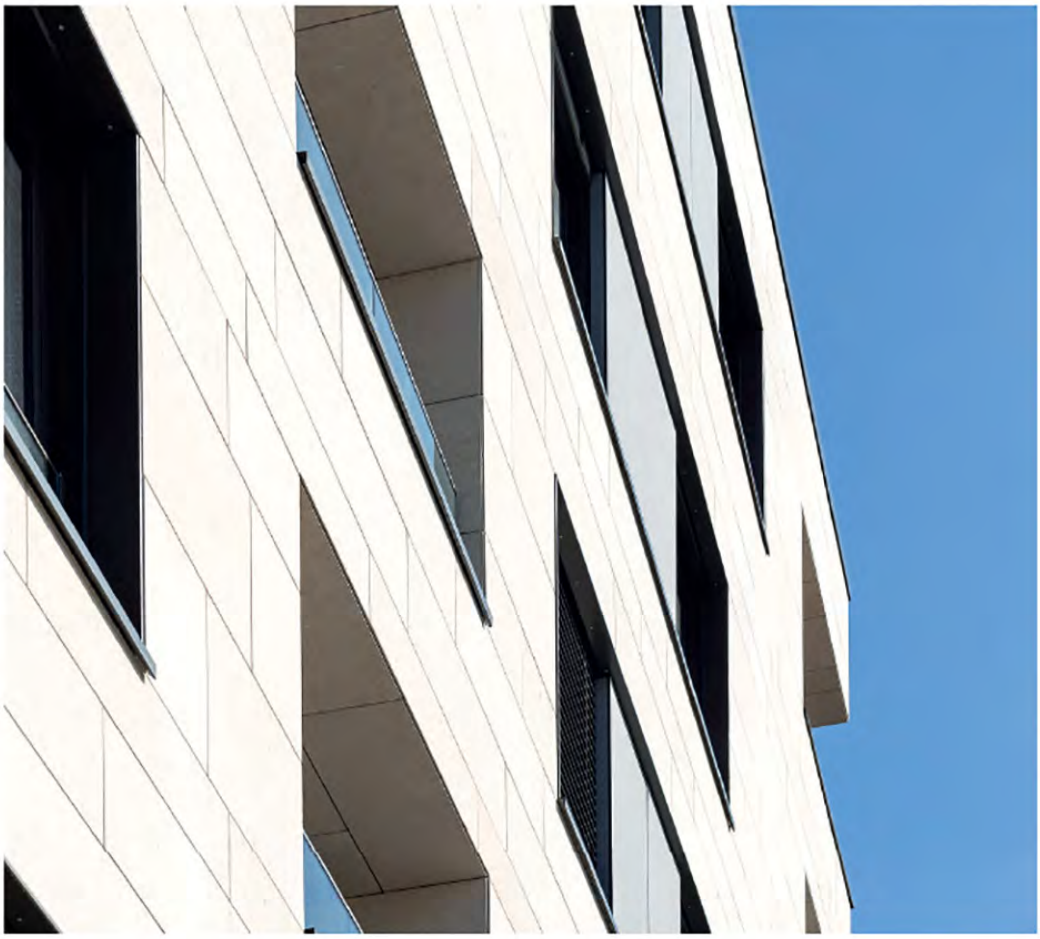
Proizvodnja i prodaja
Zakučac 10a, 21310 Omiš
tel.: 021 861 085
email: klesarstvo.forma@gmail.com

Izložbeni salon
Horvaćanska cesta 31C
10 000 Zagreb
mob.: 091 601 9273
email: prodaja.forma.zg@gmail.com

www.stoneforma.com

KAMEN PAZIN

KAMEN D.D.
Trg slobode 2
52000 Pazin, Hrvatska
+385 (0) 52 624 242
+385 (0) 52 624 441
info@kamen.hr
www.kamen.hr



ADRIAKAMEN
PLANO

Put Karanušiča 73
21220 TROGIR
E-mail: info@adriakamen.hr
Tel: 021 / 389 835

www.adriakamen.hr

DONATONI Z2000

Uncompromised power and flexibility

The **DONATONI Z2000** is a large multifunction CNC machining centre with **5/6 interpolated axes with a Z axis stroke of 2000 mm**. It is suitable for shaping operations (simple and complex, rectilinear, concave, convex, arched), for milling two- and three-dimensional sections, as well as for making columns, sculptures, and all types of cuts.

- Versatility without limits: **shaping, removal, cutting, and milling operations.**
- **Top-quality electrospindles** for machining more than 8 hours.
- **Many production possibilities** thanks to the Z axis, from 2000mm.

Scan this **QR code** to discover more

donatonigroup.com

DONATONI JET 625

Simple. Compact. Complete.

The DONATONI JET 625 machine is a numerical control bridge milling machine with **5 interpolated axes, which is compact and simple to use.** Suitable for processing kitchen and bathroom countertops, shower trays, and different kinds of claddings for the construction sector, made of marble, granite, and artificial stone.

- Total automation of **the production process**
- Utmost **flexibility** and **machining speed**
- Automatic movements thanks to the **MOVE System**

Scan this **QR code** to discover more

donatonigroup.com

spegra

SPEGRA d.o.o. osnovana je 1989. godine u Splitu, a u svojoj **34-godišnjoj tradiciji** usko se specijalizirala isključivo za izvođenje **spe**cijalnih **gra**đevinskih radova, počevši od izvođenja sanacijskih radova zaštite kulturne baštine do vrlo složenih inženjerskih sanacija. Tvrtka je nastala spontano i igrom slučaja, kao što često svaka velika priča o uspjehu nastane, a pogotovo u svijetu poduzetništva. SPEGRA je osnovana iz praktične potrebe, kada je direktor Berislav Borovina, na samom početku uspješne karijere, pri radu na jednom projektu, uvidio da ne postoji tvrtka koja bi mogla izvesti potrebne radove na sanaciji. Odlučio je odgovoriti na potrebe građevinskog tržišta i osnovati upravo tvrtku kakvu je tražio.

Od nabavke prvog stroja, Hamelmannove visokotlačne pumpe i od svega par zaposlenika, tvrtka je u tri desetljeća narasla do oko **250 zaposlenika** te postala sinonim za radove sanacije građevinskih objekata te nacionalni, ali i internacionalni lider u izvođenju ove vrste radova s najmodernijom opremom i strojevima kakve koriste najbolje svjetske tvrtke iz branše.

Od samog početka, što zbog težnje ka izvrsnosti, a što zbog specifične djelatnosti, SPEGRA d.o.o. prati suvremene, globalne građevinske trendove i materijale. Početkom 90-ih, u vrijeme kada se i na svjetskoj razini počelo ozbiljnije pristupati sanaciji objekata, posebno onih starih s kulturnom i povijesnom vrijednošću, tada je i SPEGRA s jednakom ambicijom krenula u taj posao u Hrvatskoj i do danas postala **mjerilo za kvalitetu i inovaciju**. Upravo su ta dva kriterija ono što krasi svaki projekt izveden od Spegre i zbog čega je SPEGRA angažirana na izvođenju mnogih, velikih i značajnih projekata sanacije.

Izvođenje sanacijskih radova spada u najzahtjevnije i najizazovnije radove na polju građevinarstva. Zahtijeva prvenstveno znanje i izvrsne ljudske kapacitete, a tvrtka SPEGRA tijekom godina postala je upravo baza ovih specifičnih znanja koje je nastalo iz konstantnog učenja i iz ogromnog iskustva uspješno odrađenih projekata.

Svoje projekte SPEGRA je radila uspješno surađujući sa brojnim stručnim autoritetima, od visokoobrazovnih institucija (Fakulteta građevinarstva i arhitekture), konzervatorskih odjela, Ministarstva kulture..., a praktična i teoretska znanja je razmijenjivala i s europskim stručnjacima što dokazuje da razina stručnosti SPEGRA-inih djelatnika ne zaostaje za najboljim stranim stručnjacima. Nerijetko, SPEGRA-ini inženjeri drže predavanja na stručnim skupovima i konferencijama za kolege iz struke.

Za svoj rad SPEGRA je nagrađivana desetke puta, a posljednje, ujedno i najvrjednije postignuće je **nagrada Europske komisije - Europa Nostra**, najprestižnije europsko priznanje u području baštine koje je u kategoriji konzervacije dodijeljeno Hvarskom Arsenalu, a zahtjevan projekt obnove i ojačanja nosive konstrukcije izvela je upravo SPEGRA. Ovo priznanje svrstalo je SPEGRA-u uz bok najboljim europskim tvrtkama koje se bave obnovom spomeničke baštine.

Osim Hvarskog Arsenala, u SPEGRA-inom potrfelju posebno se ističu projekti sanacije na objektima kao što je **Knežev dvor i brojne palače i crkve u Dubrovniku**, Krstionica Sv. Ivana (Jupiterov hram) u Splitu, Biskupova palača u Stonu, dvorac Veliki Tabor... SPEGRA je radila i obnovu Starog mosta u Mostaru, obnovu mostova od Ploča i Pila u Dubrovniku, ali i Krčkog i Paškog mosta.

SPEGRA je u svojoj 31-godišnjoj tradiciji radila i brojne sanacije na hidroelektranama, kao što su HE "Peruča", HE "Zakučac", HE "Prančevići", HE "Orlovac", HE "Gojak", a obnavljala je i brojne građevine oštećene u Domovinskom ratu.

Najrecentniji SPEGRA-in projekt je obnova Zagrebačke katedrale koja je značajno oštećena potresima. **Zagrebačka katedrala** predstavlja najveću hrvatsku sakralnu građevinu i jedan od najvrjednijih spomenika hrvatske kulturne baštine.

Mnogi SPEGRA-ini projekti tako ostaju trajan biljeg u prostoru, nadograđujući i uljepšavajući vizure.

Mnoge mlade tvrtke u Hrvatskoj danas su konkurentne na svjetskoj razini i među najboljima su u svojim industrijama, počevši od IT-a, automobilske industrije, farmacije... Spegra je jedan od prvih hrvatskih primjera kako se uz volju, ambiciju i inovativnost i u Hrvatskoj može napraviti svjetska tvrtka, lider u znanju i izvrsnosti.

PARTNER OF MODERN REHABILITATION
SINCE 1989

SPREGA KAMEN

Put Karanušića 73

21220 Plano

E-mail: spregakamen@sprega.hr

Tel: 021 / 457 303

sprega-kamen.com

KLESARSKA ŠKOLA - PUČIŠĆA

Novo riva 4, 21 412 Pučišća
Telefon: 021/633-114, fax: 633-076
e-mail: klesarska-skola@klesarska.tcloud.hr
klesarskaskola@gmail.com
www.klesarskaskola.hr
Fb: klesarskaskolapucisca

Klesarska škola u Pučišćima jedina je škola u Republici Hrvatskoj koja obrazuje učenike za zanimanja klesar i klesarski tehničar. Provodi EU projekte prvenstveno vezane za sektor i industriju kamena u suradnji s institutima i udruženjima za prirodni kamen i arhitektonskim komorama i strukovnim školama iz drugih europskih zemalja i svijeta. Škola je poznata i priznata na europskoj i svjetskoj razini, a diploma Klesarske škole vrijedi u cijelome svijetu.

Upisujemo učenike sa završenom osnovnom školom za zanimanja:

KLESARSKI TEHNIČAR – četverogodišnji program.

Klesarski tehničar osim operativnih poslova obrade i ugradnje radi i na organizaciji klesarskih radova, izradi nacrta, troškovnika i ponuda za klesarske radove. Operativni poslovi klesara podrazumijevaju ugradnju kamenih elemenata kao što su oblaganje fasada zgrada, izrada i ugradnja stepenica, balkonskih ograda, stupova, lukova, kapitela, polaganje podova, izrada ornamenata i natpisa i ostalih kamenih elemenata.

Nacrte izrađuje ručno i upotrebom računala. Osim ručne obrade kamena klesarski tehničari usvajaju i znanja i vještine obrade kamena na CNC stroju.

Kamene elemente izrađuju temeljem nacrta, šablona, 3D skenova te glinenih i gipsanih modela koje sami izrađuju u sklopu nastave iz kiparskog modeliranja.

Završavanjem ovog programa, osim pripreme za tržište rada, stječe se mogućnost pristupanja ispitima državne mature te time i mogućnost upisa na sveučilišne studije. Najčešće su to programi na građevinskim fakultetima, akademiji likovnih umjetnosti, restauraciji, kiparstvu, rudarstvu, geologiji, ali upisuju i arheologiju, ekonomiju i ostale programe i fakultete.

Klesarski tehničari se u svom poslu obrade kamena služe tradicionalnim klesarskim alatima (čekić, dlijeto, gradina, piket, martelina, zubatka, bućarda itd), ali i ručnim strojevima (električnim frezama, brusilicama, pneumatskim štemalicama, itd.) te stabilnim strojevima: frezama, polirkama, gaterima, tokarilicama itd. Posao se obavlja na otvorenom (fasade, vanjski podovi…) ili u zatvorenom prostoru (proizvodne hale, klesarske radionice, unutrašnjost građevina itd).

KLESAR – trogodišnji program.

Klesar obrađuje prirodni kamen ručnim ili strojnim alatima te ugrađuje klesance ili ploče na podove ili fasade zgrada. Klesance oblikuje prema nacrtima koristeći šablone ili konstrukcije modela direktno na kamenu. U svom radu koristi se ručnim klesarskim alatima, ručnim frezama i brusilicama, ručnim pneumatskim alatima te strojevima. Površine klesanaca i kamenih ploča mogu se dodatno ukrašavati klesanjem ornamenata ili natpisa.

Klesar može raditi u kamenolomu na vađenju kamena i njegovoj osnovnoj obradi.

Surađuje s restauratorima i konzervatorima te kiparima u izradi ili obnovi zgrada i spomenika. Osobito zahtjevni klesarski poslovi su restauratorski zahvati na graditeljskoj baštini koja je pod spomeničkom zaštitom. Za izvođenje istih radova nužna je i licenca Ministarstva kulture.

Klesar školovanje završava pomoćničkim ispitom te nakon dvije godine rada u struci može polagati majstorski ispit te otvoriti vlastiti obrt. Za ovaj program potrebna je potvrda specijaliste medicine rada.

INTERNATIONAL

STON EXPO

SERBIA

STONE STUDIO ASOCIATION

UDRUŽENJE KAMENA KOLONIJA

UDRUŽENJE KAMENA KOLONIJA – STONE STUDIO ASSOCIATION
1000 Beograd, Zvečanska 2, Srbija, kamenakolonija@gmail.com
Zoran Djajić, dipl. inž. geologije
Kontakt tel. br: +381655165099

Djelatnost Udruženja Kamena Kolonija:
- njegovanje starih zanata u obradi kamena, proizvodnja i prodaja repromaterijala za izradu mozaika i skulptura u kamenu,
- istraživanje, eksploatacija, prerada, zaštita i restauracija arhitektonsko građevinskog kamena,
- organizacija međunarodnog sajma kamena i prateće industrije „STONE EXPO SERBIA“
- organizacija međunarodnih simpozija i izložbi skulptura i mozaika u kamenu „KAMEN U ARHITEKTURI I UMETNOSTI“

INTERNATIONAL STON EXPO SERBIA

COM-ADRIA

PROFESIONALNI ALATI
REPROMATERIJAL
STROJEVI ZA VAĐENJE
I OBRADU KAMENA

SREDSTVA ZA
ČIŠĆENJE
I ZAŠTITU

SPLIT
Lovački put 1A
HR 21 000 Split
Tel.: +385 (0) 21 460 011
info@com-adria.hr

ZAGREB
Siget 19D
HR 10 000 Zagreb
Tel.: + 385 (0) 1 23 00 871
poslovnica-zagreb@com-adria.hr

www.com-adria.hr

MARMOR HOTAVLJE
stone solutions since 1721
MARMOR HOTAVLJE
300+
KINGS OF THE STONE AGE
MEGA JAHTE | PRIVATNE REZIDENCIJE | UNIKATAN NAMJEŠTAJ